

Connaissance du milieu naturel amazonien: les sols.
Par Armand Chauvel.

L'idée que l'on se fait de l'Amazonie est celle d'une immense région (plus de dix fois la France), caractérisée principalement par l'importance de son réseau hydrographique, le plus grand du monde, par la dominance de sa forêt dense, par la faiblesse de son anthropisation (en 1978, la surface déforestée de l'Amazonie brésilienne restait inférieure à 2% de sa surface totale), par la pauvreté chimique et la fragilité physique de ses sols (manifestées par l'échec de quelques très grandes entreprises de mise en valeur telle que Fordlandia à partir de 1926 ou le projet Jari du groupe de D.K. Ludwig à partir de 1967), et enfin par la connaissance encore très incomplète de ce qui fut très longtemps une "Terra Incognita".

Les travaux d'inventaire révèlent en fait la très grande diversité du "milieu amazonien". Ainsi, les sols se répartissent en divers ensembles, chacun d'eux étant caractérisé par des limites spécifiques, par des structures hiérarchisées, par des constitutions minéralogiques et chimiques définies et par des potentialités agro-sylvopastorales qui doivent être évaluées. Pour répondre à ces besoins d'inventaire, des pédologues de l'ORSTOM contribuent à des études de géographie des sols en Amazonie vénézuélienne et à des évaluations de ressources en sols en Amazonie équatorienne, dans le cadre d'organismes nationaux.

Dans chacun des ensembles ainsi reconnus, l'analyse structurale détaillée des couvertures pédologiques, à l'échelle des unités élémentaires du modelé, révèle les relations génétiques et fonctionnelles qui existent entre les constituants de ces sols. La connaissance des "systèmes de sols" ainsi reconnus apporte aux autres disciplines (botanique, agronomie, hydrologie, ...) à la fois la compréhension des couvertures pédologiques correspondantes et une structure à laquelle référer leurs observations. Une recherche de ce type est effectuée en collaboration avec l'INPA au nord de Manaus.

Cette connaissance détaillée des structures conduit à des études de fonctionnement actuel des couvertures pédologiques (activité biologique, circulation des fluides, interactions entre la matière solide et les solutions,...) afin de connaître leur dynamique spécifique. Des recherches sont réalisées dans ce sens en Guyane française.

Face aux problèmes urgents et précis posés par la mise en valeur, il est souvent nécessaire de focaliser la recherche sur un emplacement particulier de la couverture pédologique afin de connaître les réactions éventuelles du sol à une quelconque modification des facteurs de son évolution (transformation de la couverture végétale, défrichement, mise en culture,...) Ce type de recherche a été réalisé, entre autres, avec la collaboration des pédologues de l'ORSTOM, en Amazonie brésilienne.

Il apparaît ainsi que dans les milieux naturels diversifiés qui composent l'Amazonie, les recherches auxquelles participe l'ORSTOM présentent des caractères complémentaires et variés, tant par les niveaux de perception et les échelles choisies que par les objectifs fixés entre les différents niveaux d'observation entre l'étude des organisations et celle du fonctionnement.

Pour les besoins de l'exposé, nous citerons ici quelques exemples de travaux réalisés au Vénézuéla, en Equateur, en Amazonie brésilienne et en Guyane française, en sachant toutefois que l'intérêt de chacune de ces contributions ne peut être pleinement apprécié que dans le contexte des programmes de recherche établis par chaque pays et des demandes exprimées par les responsables nationaux des actions de développement.

I. Etude des paysages pédologiques de l'Amazonie vénézuélienne (Gavaud & al., à paraître).

Les données de géographie des sols de l'Amazonie vénézuélienne sont extraites d'une étude cartographique des sols à l'échelle de 1/250.000, réalisée de 1978 à 1981 par une équipe associant des pédologues de l'ORSTOM, des ingénieurs du "Ministerio del Ambiente" (MARNR) et un géographe du CEGET (Bordeaux).

Le Territoire Fédéral d'Amazonie s'étend entre les latitudes 1° et 6° nord. Vers le sud, le climat y varie du tropical humide à l'équatorial pluvieux. Le substratum précambrien est formé de roches acides à moyennement acides, dans lesquelles dominent les granites, les gneiss et les migmatites. La forêt dense sempervirente couvre presque tout en dehors des sols très acides et siliceux, où elle est remplacée par des savanes arborées, et en dehors des sommets où elle cède la place à des bois clairs et à des savanes herbeuses. Le Territoire, qui n'est occupé que par des populations clairsemées, a conservé son intégrité naturelle.

Les sols sont décrits et répertoriés par des profils ou sondages, identifiés par leur surface, cartographiés par les textures correspondant aux images de télédétection. La vraisemblance et l'homogénéité des unités cartographiques ne peuvent dans les conditions de l'étude, n'être garanties que par les règles de géographie des sols et de l'analyse structurale des couvertures pédologiques (Boulet & al. 1982). La géographie des sols établit des relations empiriques entre les facteurs édaphiques et leurs expressions paysagiques. Les analyses structurales permettent de modéliser les couvertures pédologiques par un nombre fini de volumes qui se regroupent en ensembles distincts et ordonnés correspondant chacun à un élément complet du paysage. Ces règles conviennent bien au domaine amazonien qui apparaît très structuré et qui, au niveau de l'étude, privilégie les variables qualitatives.

A plus petite échelle, l'ordre réapparaît dans un étagement de paysages, dont la généralité, établie par des similitudes intra et intercontinentales, tient à l'histoire des surfaces et des climats. Dans son état actuel, la succession, qui sert de base à l'étude cartographique, est la suivante: des plateaux rocheux, une haute pénéplaine ferralitique, une suite de paliers polyconvexes, une plaine dite d'altération à sols jaunes humifères, une aire de contact correspondant à un front de transformation et une plaine à résidus siliceux podzolisés.

La succession pédologique mise en évidence par l'étude est la suivante (figure 1):

- Lithosols, podzols et tourbes d'altitude sur les haut plateaux rocheux.
- Sols ferralitiques à allitiques avec horizons nodulaires largement indurés sur la haute plaine ferralitique.
- Sols ferralitiques à nodules sur les paliers

polyconvexes.

- Sols ferrallitiques avec pénétration profonde de matière organique, acidification, différenciation texturale, libération d'aluminium échangeable, concentration absolue locale d'hydroxyde de fer sur la plaine haute d'altération.
- Sols lessivés et podzols humiques de nappe sur l'aire de contact à caractères mixtes d'érosion régressive et de transformation géochimique.
- Podzols et tourbes sur les résidus siliceux des plaines basses.

L'existence de ces six ensembles pédologiques apparaît aux auteurs de cette étude comme étant indépendante des caractéristiques locales géologiques ou géomorphologiques. Elle est liée à la tendance climatique générale, sur un fond tectonique commun qui reste à préciser. L'écorce d'altération se renouvelle pour les trois premiers. Le second et le troisième correspondent à de longues durées d'action de l'hydrolyse sous des climats chauds et humides. Les deux derniers s'insèrent dans le même manteau; leurs sols très différenciés sont le produit des oscillations climatiques quaternaires.

Chaque ensemble ainsi reconnu est considéré comme un corps pédologique possédant des structures hiérarchisées, une constitution minéralogique et chimique définie, des formes et des limites spécifiques.

II. Inventaire des ressources en sols de l'Amazonie équatorienne (Barral & al., 1977; Sourdat & al., 1980 à 1983).

En Equateur, les chercheurs de l'ORSTOM contribuent dans le cadre d'une convention (ORSTOM-PRONAREG), à l'établissement d'un inventaire des ressources renouvelables de la région amazonienne du pays.

La région considérée est située sur la bordure périandine de l'Amazonie, entre les latitudes 0° et 5° sud. Les climats y sont de type tropical d'altitude à équatorial pluvieux. La composition minéralogique des substrats et des couvertures pédologiques témoigne de l'importance des apports volcaniques.

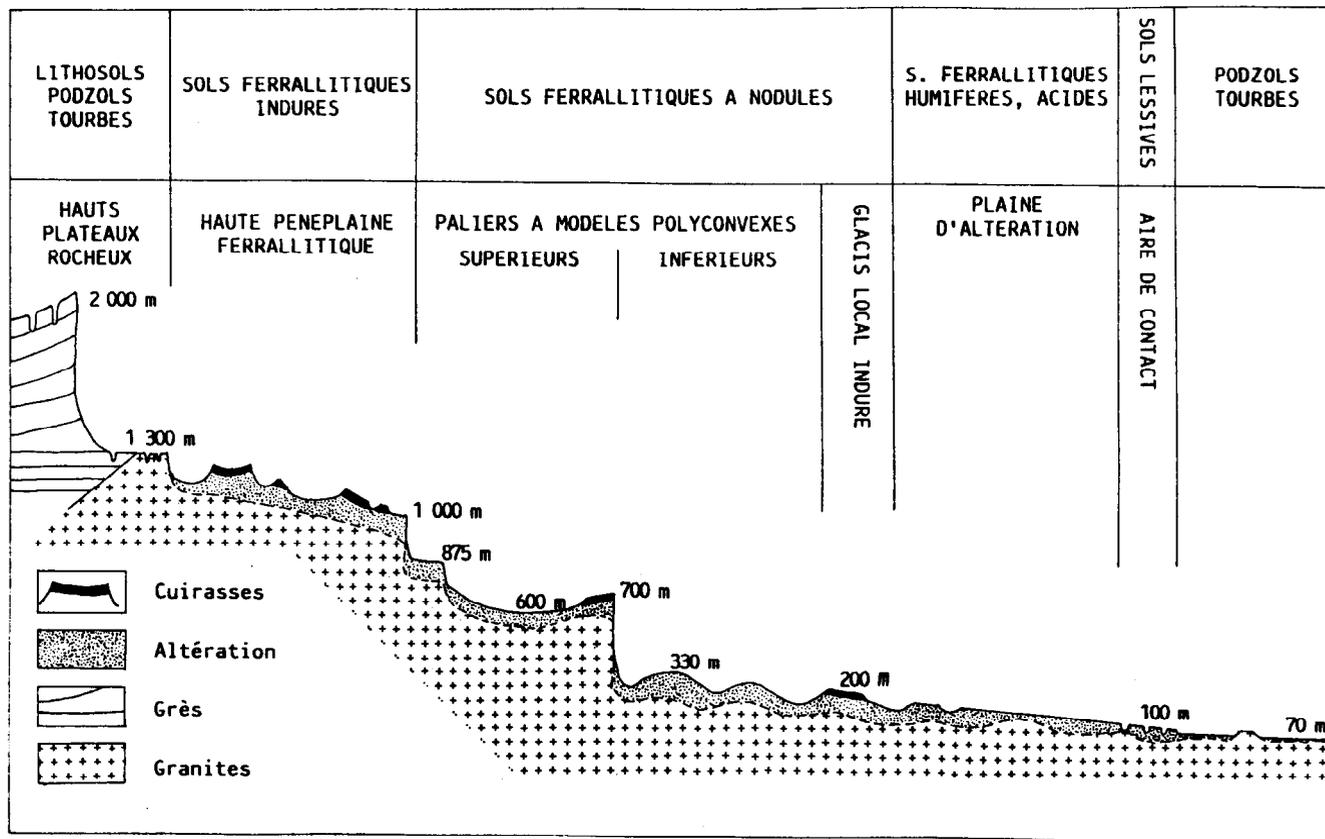


Figure 1 - Etagement des paysages pédologiques d'Amazonie Vénézuélienne (M. GAVAUD et al., à paraître).

Les cartes, faites à la demande du Ministère de l'Agriculture, ont été dressées, publiées et diffusées à partir de 1977. Il s'agit de cartes morpho-pédologiques, aux échelles de 1/250.000 et 1/500.000, délimitant les grands types de paysages et les couvertures de sols qui leur correspondent. Pour chaque unité cartographique, une évaluation est faite des potentialités d'utilisation agricole.

Quatre grandes unités ont ainsi été reconnues et délimitées:

- 1.- Les versants et piémonts andins sous couverture de cendres volcaniques, caractérisés par la dominance des andosols perhydratés.
- 2.- Les piémonts sur accumulation de galets et de sables volcaniques en cônes de déjection, principalement occupés par des sols bruns acides à kaolinites ou à halloysite.
- 3.- Les collines périandines, à dominance de sols rouges acides et ferralitiques associés.
- 4.- Les plaines alluviales, couvertes par des sols bruns eutriques et distriques et par des sols hydromorphes.

Tous les sols de cette région de l'Amazonie présentent, à divers degrés, des caractéristiques qui limitent leurs possibilités d'utilisation agricole: forte acidité associée à une aluminotoxicité atteignant localement des niveaux extrêmes, évolution géochimique modérée avec dégradation incomplète des minéraux hérités ou partiellement transformés (illite, chlorite, vermiculite, édifices mixtes,...), faible développement des organisations structurales.

Des quatre grandes unités reconnues, celle où les facteurs limitant l'aptitude des sols sont les moindres correspond aux plaines alluviales: c'est là que se situe l'essentiel du potentiel de production agricole de la région. Les sols bruns eutrophes y sont directement exploitables, les sols hydromorphes pourraient être cultivés après drainage.

III. Analyse structurale d'une couverture pédologique en Amazonie brésilienne (Lucas & al., 1984).

Des pédologues de l'ORSTOM participent depuis 1981 à l'étude des écosystèmes de la Station Expérimentale de Sylviculture tropicale de l'INPA, en analysant les structures des couvertures pédologiques de la région nord de Manaus (convention CNPq-CNRS-ORSTOM).

De cette analyse structurale de la couverture pédologique, ils déduisent une connaissance des relations génétiques et fonctionnelles entre les volumes constitutifs des sols (20 à 24).

Les sites étudiés, sont situés à 2° 33' Nord et 60° 02' Est. Le climat est de type tropical humide, avec une pluviosité moyenne de 2400 mm. La couverture pédologique est développée sur des matériaux sableux à sablo-argileux provenant de l'altération de sédiments continentaux tertiaires, principalement constitués de quartz et de kaolinite. La topographie est représentée par le bloc diagramme de la figure 2A, obtenu par photo-interprétation. On constate que entre le plateau (P) et le fond de la vallée (V), se trouvent des surfaces intermédiaires (IS), faiblement inclinées en direction des axes de drainage, qui se terminent à l'aval par un versant court à pente forte. Ces surfaces sont d'autant plus développées, leur longueur d'autant plus grande et l'altitude relative de leur aval d'autant plus basse que la vallée devient plus importante et ramifiée.

Dans ce type de paysage sont observés deux pôles de différenciation pédologique:

- 1.- Sur l'ensemble des plateaux, un pôle argileux, correspondant à des sols ferralitiques jeunes, fortement désaturés, très argileux, qui supportent une forêt dense humide sempervirente.
- 2.- Sur la partie inférieure affaissée des surfaces intermédiaires, un pôle sableux qui prend de l'extension vers l'aval de la vallée. Il est occupé par des podzols dont l'horizon A2 de sable blanc atteint plusieurs mètres d'épaisseur. Ces sols supportent une végétation de plus en plus basse et ouverte de "campina"; à l'extrême, seuls survivent sur les sables blancs de rares espèces herbacées et des Cyanophycées.

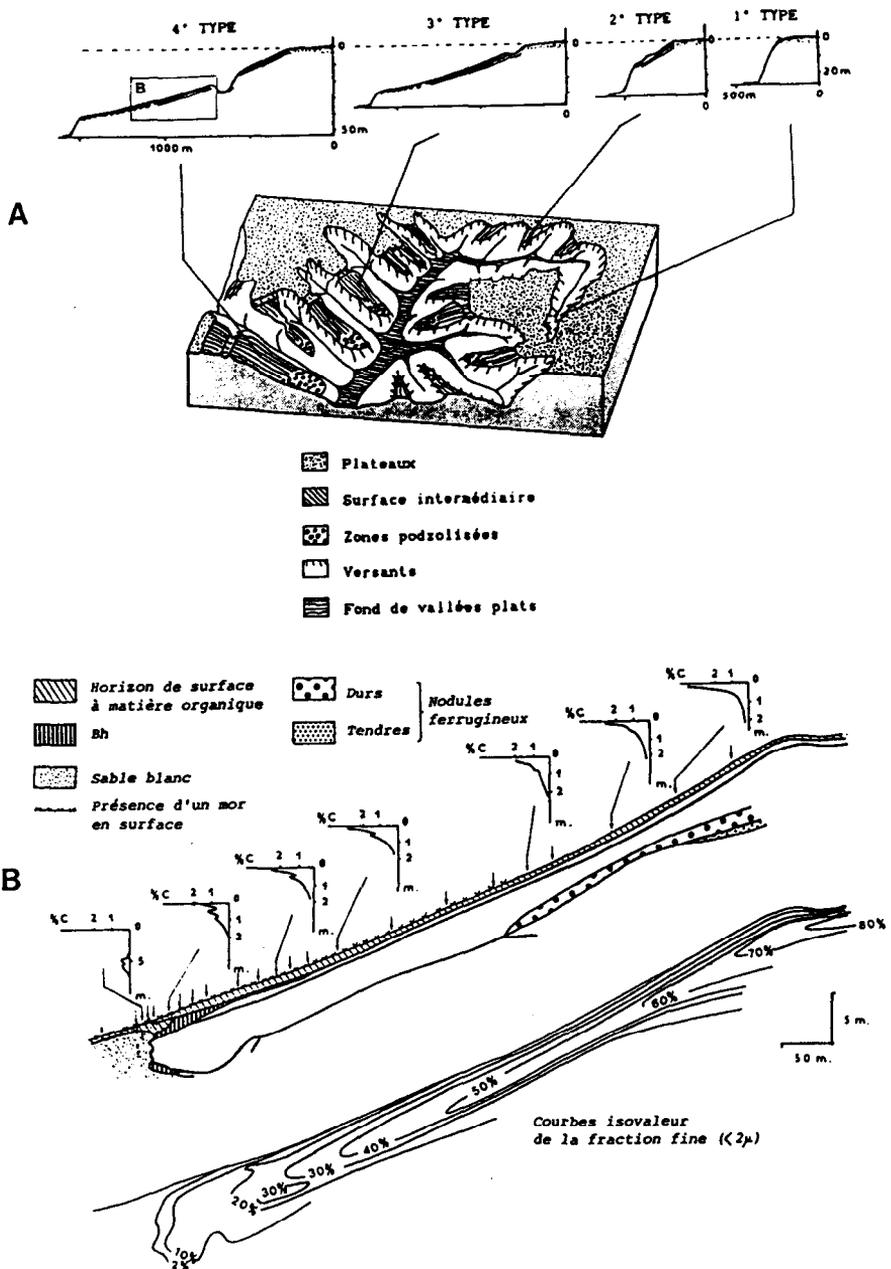


Figure 2 - Couverture pédologique de la région Nord de Manaus (Brésil).
 A - Bloc diagramme.
 B - Transition "sol ferrallitique-podzol" : distribution verticale du carbone, morphologie des sols et courbes isovaleurs d'argile.

Entre ces deux pôles, argileux et sableux, on observe sur les surfaces intermédiaires une transition de quelques centaines de mètres, marquée par une succession ordonnée et continue de variations de caractères morphologiques et analytiques, représentée schématiquement sur la figure 2B. On constate que ces variations affectent: la couleur des horizons, la distribution verticale de la matière organique (C %), la nodulation des oxydes de Fer et d'Aluminium et les teneurs en argile (disposition caractéristique en forme de langues, des courbes d'isoteneur en argile). Cette zone de transition supporte une végétation forestière caractéristique, dite de "campinarana", marquant le passage de la forêt dense à la végétation ouverte de "campina".

L'ensemble des données obtenues, morphologiques et analytiques, conduit aux propositions suivantes:

- La formation de la couverture ferrallitique argileuse des plateaux se fait par désilicification et kaolinisation du sédiment; elle s'accompagne d'une accumulation de fer et d'aluminium sous forme de nodules et d'argile.
- La proximité des axes de drainage en bordure de plateaux, permet l'exportation de l'aluminium issu de la dégradation superficielle des argiles en présence de matière organique. Il y a accumulation relative de squelettes quartzeux et, finalement, formation de podzol.
- L'évolution du relief est, dans ce cas, liée à la différenciation pédologique: la morphogénèse essentiellement géochimique, dépendrait de la vitesse relative des dépôts de matière lors de l'évolution ferrallitique kaolinisante (sur les plateaux) et de l'évolution podzolisante (sur les surfaces intermédiaires).
- Les systèmes pédologiques ainsi considérés sont des systèmes de transformation: la couverture initiale ferrallitique des plateaux y est transformée, à mesure que se ramifie le réseau hydrographique, en une couverture podzolique; on observe donc, en allant de la tête de cette vallée vers sa partie aval, sur les surfaces intermédiaires, les différents stades de transformation de la couverture pédologique. On note de plus que cette transformation accompagne ici celle de la couverture végétale qui, partant de la forêt dense, devient de plus en plus ouverte et dispersée, allant jusqu'à se réduire à quelques buissons et lichens sur les sables blancs.

IV. Etude du fonctionnement hydrique de systèmes pédologiques en Guyane française.

La connaissance des flux hydriques (évolution dans le temps, itinéraires, vitesses, débits,...) au sein des couvertures pédologiques amazoniennes présente un intérêt évident pour des disciplines telles que l'agronomie et le génie civil. Elle permet aussi d'apprécier quelle est la part de la dynamique actuelle dans la formation des structures propres à des systèmes pédologiques, structures qui ont pu intégrer les effets des variations du milieu depuis des milliers d'années (paléoclimats, variations du niveau de base tectonique,...).

De telles recherches sont basées sur des observations (traces de ruissellement superficiel localisées dans un paysage par exemple), sur des mesures d'écoulement (ruissellement, mouvement de l'eau libre, fluctuation de nappes,...) et sur des études de tensiométrie et d'humidimétrie neutronique permettant de suivre tout au long de l'année climatique l'évolution des profils en teneur en eau volumique en différents points du système pédologique.

Une étude de ce type (Fritsch, 1984) a été entreprise en Guyane française, sous forêt, dans une région où la couverture ferrallitique, développée sur schistes, présente des indices de déséquilibre (ruissellement très supérieur à la normale; Blancaneaux, 1981). L'analyse minéralogique et structurale a permis d'y mettre en évidence l'existence de systèmes de transformation (plus ou moins développés selon les unités du relief) qui se surimposent à un domaine ferrallitique initial (lui-même différencié) conservé à l'amont des versants. L'ensemble des données obtenues montre que le fonctionnement hydrique s'accorde, dans ce cas, avec le développement des systèmes de transformation, dont il explique certains mécanismes. On constate ainsi que l'évolution de la kaolinite est, dans ces systèmes, étroitement liée aux conditions pédo-climatiques actuelles: ce minéral argileux se dégrade dans tous les volumes soumis à des alternances d'humectation et de dessiccation, tandis qu'il se forme partout où se réalise une saturation quasi permanente par la solution du sol.

Dans une autre étude portant sur les couvertures pédologiques développées sur sédiments côtiers (Turenne, 1975), on montre que l'existence de flux hydriques importants à la base des versants provoque la transformation in situ (avec conservation de quelques "reliques") d'un manteau pédologique initial, par perte d'argile et réorganisation du squelette quartzeux.

Il apparaît ainsi que les forces motrices de la pédogénèse, dont certaines déterminent la fertilité (alimentation hydrique des plantes, aération du sol, redistribution des éléments nutritifs, toxicité aluminique) dépendent en fait des vitesses et des vecteurs de transport des fluides au sein des couvertures pédologiques amazoniennes. Un effort important devrait donc être réalisé pour connaître le fonctionnement hydrique des principaux types de systèmes pédologiques caractéristiques du milieu amazonien.

V. Etudes comparatives ponctuelles pour connaître les réactions du sol à une modification des facteurs de son évolution.

Pour évaluer l'effet exercé sur le sol par des opérations de mise en valeur envisagées, il s'est révélé utile de procéder à des études comparatives de sols supposés identiques au départ (et occupant la même position dans un système pédologique), mais soumis depuis un temps connu à des conditions d'évolution différentes les écarts entre les caractéristiques des sols affectés par des traitements donnés, et celles des sols maintenus sous végétation primaire (considérés comme profils de référence) sont attribués aux changements provoqués des conditions du milieu.

Plusieurs essais de ce type ont été réalisés au Brésil, en collaboration avec l'Institut National de Recherches en Amazonie (Chauvel, 1982) et avec le Centre d'Energie Nucléaire en Agriculture (Manarino & al. 1984).

En procédant ainsi, on a constaté par exemple, que des travaux de déforestation (manuelle ou mécanique) modifient de façons diverses la morphologie et la distribution

(spatiale et dimensionnelle) des vides dans un sol jaune ferrallitique argileux des plateaux de la région nord de Manaus (Chauvel, 1982). Il en résulte une limitation plus ou moins accentuée des possibilités de pénétration du sol par les fluides et les êtres vivants, et donc une limitation de l'activité biologique.

Un autre essai portant sur le même type de sol, montre que la dynamique des constituants organiques (décomposition de la matière végétale, incorporation au sol par la faune, mobilisation et immobilisation...) est nettement modifiée après défrichement et mise en culture par les méthodes traditionnelles (culture itinérante). Lorsque la forêt secondaire se reconstitue, il faut près de 35 ans pour que le profil organique retrouve des caractéristiques proches de son état initial.

Des études de ce type permettent donc de prévoir certaines des conséquences pour le sol (réversibles ou irréversibles) des grands travaux de mise en valeur envisagés. Le maintien des horizons superficiels organiques et l'importance du compactage (par les engins ou par les troupeaux) semblent présenter une importance primordiale. Il apparaît toutefois que la totalité des conséquences de toute action de mise en valeur ne peut être pleinement appréciée qu'à l'échelle de l'unité dynamique, c'est-à-dire à l'échelle du système pédologique.

Dans les milieux où n'existe qu'une agriculture traditionnelle itinérante sur brûlis, la mise en valeur par des techniques modernes d'agriculture intensive, rencontre des problèmes liés aux caractéristiques physico-chimiques particulières des sols. L'expérimentation agronomique est nécessaire pour mettre au point des techniques culturales adaptées et éviter les échecs de première implantation. Cette expérimentation doit être calée sur la différenciation pédologique telle qu'elle apparaît à la suite des études d'analyse structurale. De telles études ont été réalisées en Guyane française pour des cultures sarclées (maïs, soja).

Conclusions.

Les études faites par l'Institut National (brésilien) de Recherches Spatiales, en utilisant les données fournies par le satellite LANDSAT, révèlent que dans les 9

circonscriptions fédérales d'Amazonie brésilienne, l'importance des surfaces déforestées variait, en 1980, entre 0,2 % (Roraima) et 7 % (Mato Grosso du Nord) de la superficie totale. Dans presque tous les cas, cependant, l'évolution du défrichement s'accélère de façon exponentielle depuis 1970. Ceci signifie qu'une grande partie de la forêt amazonienne sera atteinte dans les 30 prochaines années.

Les connaissances actuelles sur la couverture pédologique d'Amazonie ne permettent pas encore de prévoir quelles seront les conséquences des traitements appliqués. Face à cette situation, les organismes de recherche nationaux expérimentent, en divers emplacements, des techniques nouvelles de mise en valeur agricole, adaptées aux spécificités des milieux amazoniens. L'extrapolation des résultats au fur et à mesure de leur obtention nécessitera une connaissance de ces milieux, qui prenne en compte la variabilité spatiale des couvertures pédologiques, à toutes les échelles d'investigation.

Bibliographie générale des travaux de pédologie réalisés par
l'ORSTOM en Amazonie.

Vénézuela.

1. BLANCANEUX P., POUYLLAU M., HERNANDEZ S., ARAUJO J., 1976.- Estudio pedo-geomorfológico sobre las formaciones graníticas de la región de Puerto Ayacucho, Territorio Federal Amazonas, Venezuela. IV Congr. Venezolano de la Ciencia dos Suelos, Maturin, 28 pp.
2. BLANCANEUX P., POUYLLAU M., 1977.- Formes d'altérations pseudokarstiques en relation avec la géomorphologie des granites précambriens du type Rapakivi dans le Territoire Fédéral de l'Amazonie. Cah. ORSTOM, Ser. Pédol., XV, 2: 131-142.
3. BLANCANEUX P., POUYLLAU M., Segalen P., 1978.- Les relations géomorpho-pédologiques de la retombée Nord-Occidentale du massif guyanais (Vénézuela): les unités géomorpho-pédologiques: 293-315.
4. 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-Vénézuela, Territoire Fédéral d'Amazonie. Cah. ORSTOM, Ser. Pédol., XIX, 2: 131-150.
5. DUBROEUCQ D., (à paraître).- La haute surface rocheuse d'Amazonie vénézuélienne. Cah. ORSTOM, Ser. Pédol.
6. GAVAUD M., BLANCANEUX P., DUBROEUCQ P., POUYLLAU M., (à paraître).- Les paysages pédologiques de l'Amazonie vénézuélienne. Cah. ORSTOM, Ser. Pédol.
7. POUYLLAU M., BLANCANEUX P., 1976.- Inventario geomorfológico des Territorio Federal Amazonas y Estado Bolivar, Cuenca des Ventuari y Orinoco medio, Venezuela. IV Congr. Venezólano de la Ciencia dos Suelos, Maturin, Venezuela: 8 pp.

8. POUYLLAU M., 1982.- L'utilisation d'imagerie de radar latéral et de satellite Landsat dans les levées pédomorphologiques utilisées en Amazonie Vénézuélienne: méthodologie et premiers résultats. Act. Symp. Int. de la Commission VII de Photogramétrie et Télédétection, Toulouse, 24/VII/1982: 289-300.
9. POUYLLAU M., 1983.- Contribution à la géomorphologie du Sud du Vénézuéla (Amazonas et Guyana). Centre d'Etude de Géographie Tropicale, Univ. de Bordeaux (Talence): 54 pp.

Equateur et Pérou.

10. BARRAL H., CUSTODE E., SOURDAT M., 1977.- Reconocimiento morfo-edafológico y distribución de la población. Cartografía del Nor-Oriente. Carte 1/750.000 en couleurs in: Atlas del Ecuador, MAG-ORSTOM, Quito.
11. SOURDAT M., CUSTODE E., MUNOZ A., 1980.- Provincia de Morona Santiago, parte norte, carta pedogeomorfológica 1/500.000 avec notice 12 pp. multigr. MAG-ORSTOM, Quito.
12. SOURDAT M. & CUSTODE E., 1980.- La problemática del manejo integral y el estudio morfo-pedológico de la region Amazonica ecuatoriana. 17 pp, Multigr. MAG-ORSTOM, Quito.
13. SOURDAT M., 1982.- La haute Amazonie équatorienne. Etude morpho-pédologique. Perspectives d'aménagements. C.R. Journées Pédologiques de Septembre 1981, ORSTOM, Paris: 109-129.
14. SOURDAT M. & CUSTODE E., 1982.- Provincia de Morona Santiago, parte norte: mapa morfo-edafológico, escala 1/250.000, blanco y negro, con memoria técnica, multigr. MAG-ORSTOM, Quito, 22 pp.
15. SOURDAT M. & CUSTODE E., 1982.- Provincia del Napo: mapa morfo-edafológico, escala 1/250.000. 2 hojas con memoria técnica, blanco y negro. Multigr. MAG-ORSTOM, Quito, 21 pp.

16. SOURDAT M. & CUSTODE E., 1982.- Provincia de Morona-Santiago, parte sur y Provincia de Zamora-Chinchipec: mapa morfo-edafológico, escala 1/500.000, blanco y negro, con memoria técnica; MAG-ORSTOM, Multigr. 15 pp.
17. SOURDAT M. & CUSTODE E., 1983.- Provincia del Napo. Maquette d'une carte morpho-pédologique à 1/500.000. Mag-ORSTOM, Quito.
Provincia de Morona-Santiago: idem.
Provincia de Pastaza: idem.
Provincia de Zamora: idem.
18. SOURDAT M., 1983.- Mission en Amazonie péruvienne auprès de PRAPCONA-ANACONDA. Multigr. ORSTOM et MAB-UNESCO, Paris, 20 pp.

Brésil.

19. CERRI C.C., VOLKOFF B., EDUARDO B.P., 1985.- Efeito do desmatamento sobre a biomassa microbiana em latossolo amarelo da Amazônia. Rev. Bras. de Ciencia do Solo, 9 (1): 4.
20. CHAUVEL A., 1981.- Contribuição para o estudo da evolução dos latossolos amarelos distroficados, argilosos na borda do platô na região de Manaus: mecanismos da gibbsitização. Acta Amazonica, 11: 227-245.
21. CHAUVEL A., 1982.- Os latossolos amarelos, alicos, argilosos dentro dos ecossistemas das bacias experimentais do INPA e da região vizinha. Acta Amazonica, Sup. 12: 47-60.
22. CHAUVEL A., BOULET R., JOIN P., BOCQUIER G., 1982.- Aluminium and iron oxi-hydroxide segregation in nodules of latosols developed on tertiary sediments (Barreira group) near Manaus (Amazon Basin), Brasil. Inter. Sem. on Lateritization Processes, Sao Paulo, IAG-USP: 507-526.
23. CHAUVEL A., BOULET R., LUCAS Y., (à paraître).- On the genesis of the soil mantle of the region of

Manaus, Central Amazonia. *Experientia, Dynamic of Terra Firme Forest.*

24. LUCAS Y., CHAUVEL A., BOULET R., RANZANI SCATOLINI F., 1984.- Transição "latossolos-podzóis" sobre a formação Barreiras na região de Manaus, Amazônia. Rev. Bras. de Ciencia do Solo, 8: 325-335.
25. MANARINO R., VOLKOFF B., CERRI C.C.; 1984.- Comparação do humus da capoeira e de floresta natural em latossolos amarelos da região amazônica. In: Anais do Colóquio Regional sobre matéria orgânica do solo. CENA. Piracicaba, S.P. Brasil: 51-57.
26. SCATOLINI F., SOUBIES F., CHAUVEL A., 1985.- Destruição superficial da caolinita nos suelos de uma toposequência sobre a formação "Alter do Chao" na região de Manaus (AM). XX Congresso Brasileiro de Ciencia do solo, Belem Resumo nº 181, Julho de 1985.A
27. VOLKOFF B. & MELFI A.J., 1982.- Evolution des micas en régions équatoriales: problème de la présence des smectites dans les sols ferrallitiques fortement désaturés de l'Amazonie brésilienne. C.R. Acad. Sci. Paris, ser. D, t. 286: 837-840.
28. VOLKOFF B. & CERRI C.C., 1981.- Humus em solos de floresta amazônica na região de Rio Madeira. Rev. Bras. de Ciencias do Solos, 5 (1): 15-21.
29. VOLKOFF B., MATSUI E., CERRI C.C., 1982.- Discriminação isotópica do carbonos nos humus de latossolo e podzol da região amazônica do Brazil. In: Anais do Colóquio regional sobre Matéria Orgânica do Solos, CENA, Piracicaba, S.P.: 147-153.

Guyane française.

30. BLANCANEUX P., THIAIS J.L., LAPLANCHE G., ROSTAN J.J., Bergrave St.J., 1973.- Podzols et sols ferrallitiques dans le Nord-Ouest de la Guyane française. Cah. ORSTOM, Ser. Pédol., XI, 2: 121-154.

31. BLANCANEUX P., 1981.- Essai sur le milieu naturel de la Guyane française. Travaux et Documents de l'ORSTOM n° 137.
32. BOULET R., 1978.- Existence de systèmes à forte différenciation latérale en milieu ferrallitique guyanais: un nouvel exemple de couverture pédologique en déséquilibre. Sciences du Sol, 2: 75-83.
33. BOULET R., 1981.- Etude pédologique des bassins versants ECEREX: bilan de la cartographie. Bull. Liaison Groupe de Trav. ECEREX, 4: 4-22.
34. BOULET R., FRITSCH E., HUMBEL F.X., 1978.- Les sols des terres hautes et de la plaine côtière ancienne en Guyane française septentrionale: organisation en systèmes et dynamique actuelle de l'eau. ORSTOM Cayenne, Multigr. 170 pp.
35. BOULET R., CHAUVEL A., HUMBEL F.X., LUCAS Y., 1982.- Analyse structurale et cartographie en pédologie. Cah. ORSTOM, Ser. Pédol. XIX, 4: 309-351.
36. BOULET R., CHAUVEL A., LUCAS Y., 1984.- Les systèmes de transformation en pédologie. in: Livre Jubilaire Cinquantenaire Ass. Fr. Et. Sol: 167-179.
37. BOULET R., GODON P., LUCAS Y., WOROU S., 1985.- Analyse structurale de la couverture pédologique et expérimentation agronomique en Guyane française. Cah. ORSTOM, Ser. Pédol., XXI, 1: 21-31.
38. FRITSCH E., 1984.- Les transformations d'une couverture ferrallitique. Analyse minéralogique et structurale d'une toposéquence sur schistes en Guyane française. Thèse 3ème Cycle, Univ. Paris VII, ORSTOM, 188 pp.
39. HUMBEL F.X., 1978.- Caractérisation par des mesures physiques, hydriques et d'enracinement des sols de la Guyane française à dynamique de l'eau superficielle. Sciences du Sol, 2: 83-94.
40. LUCAS Y., BOULET R., ANDRIEUX P., (à paraître).- Différenciation aval d'une couverture pédologique en Guyane française: organisation et fonctionnement hydrodynamique. Cah. ORSTOM, Ser. Pédol.

41. TURENNE J-F., 1975.- Mode d'humification et différenciation podzolique dans deux toposequences guyanaises. Memoire ORSTOM n° 84: 173 pp.