

Le p. Blancaneaux
Vème congrès de la société Vénézuélienne de la Science du sol.
Barquisimeto , 5 au 10 novembre 1978.

Utou à l'usage

**L'ACTION DETERMINANTE DE L'HOMME ET DU CLIMAT ACTUEL SUR
L'EVOLUTION DES SOLS ET DES SAVANES DU SUD DU VENEZUELA.
TERRITOIRE FEDERAL AMAZONAS.**

Philippe BLANCANEUX +
José ARAUJO ++

+ Pédologue ORSTOM. Conseiller technique près MARNR-DGII.A-Div.des Sols
Caracas-Venezuela.

++ Ingénieur Agronome.MARNR-DGII.A.Div. des Sols- Caracas-Venezuela.

24 DEC. 1980

O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

n° B10.170 Pedo

SOMMAIRE.

Résumé.

Introduction.

Localisation.

Conditions du milieu.

1/ Le climat.

2/ Géomorphologie.

3/ Les sols et la végétation.

3.1 - Les sols et la végétation des savanes du glacis sableux sur le contact Llanos-Massif Guyanais

31.1 - Caractéristiques physiques et chimiques.

31.2 - Conséquences.

31.3 - Végétation.

3.2 - Les sols et la végétation des ^{savanes des} grandes plaines d'érosion sableuses d'origine granitique ou gréseuse de l'Orénoque, du Ventuari et du Casiquiare.

32.1 - Caractéristiques physiques et chimiques.

32.2 - Conséquences.

32.3 - Végétation.

3.3 - Les sols et la végétation des savanes de la pénélaine d'érosion-altération.

33.1 - D'origine granitique.

33.2 - D'origine volcanique acide.

33.3 - Caractéristiques physico-chimiques et conséquences.

33.4 - Végétation.

3.4 - Les sols et la végétation des savanes développées sur le complexe alluvial Parucito-Manapiare.

34.1 - Caractéristiques physiques et chimiques.

34.2 - Conséquences.

34.3 - Végétation.

3.5 - Les sols et la végétation des savanes développées sur les hauts plateaux gréseux ou "Tepuyes" de la formation Roraima.

35.1 - Caractéristiques physico-chimiques et conséquences.

35.2 - Végétation.

Résultats, discussions et conclusions.

- Les fluctuations climatiques du quaternaire.

- Les variations saisonnières actuelles et leurs conséquences.

Bibliographie.

RESUME.

L'action de l'homme et l'alternance saisonnière qui règne actuellement dans le sud du Venezuela sont fondamentales dans l'établissement, le maintien et l'extension des différentes formations végétales de savanes qui y ont été reconnues. Cinq grands types de "savanes", en relation avec différentes unités pédo-géomorphologiques ont été distingués dans le Territoire Federal Amazonas. Suivant les caractéristiques texturales des sols développés sur ces unités, deux processus pédogénétiques fondamentaux jouant actuellement un rôle dans l'évolution de ces sols et corrélativement de leur végétation ont pu être observés. Ces processus sont induits par l'action simultanée de l'homme et du climat.

Le premier processus d'évolution pédologique concerne les sols de granulométrie sableuse (quartz) dérivant des produits de l'altération et de la désagrégation des granites du soubassement cristallin ou des grès et quartzites de la couverture sédimentaire du Roraima. Sur ce matériau sableux, les horizons subsuperficiels de ces sols sont extrêmement perméables et possèdent une capacité de rétention en eau extrêmement faible. Le processus pédogénétique joue dans le sens de l'appauvrissement, du lessivage et de la lixiviation intense de ces sols. Durant la saison sèche, le déficit hydrique est très marqué et l'humidité du sol peut descendre en dessous du point de flétrissement des végétaux (pF 4,2). Pendant la saison des pluies deux cas peuvent être distingués : celui des savanes inondables de la plaine d'érosion et celui des glacis sableux sur le contact des Llanos et du Massif guyanais aux sols peu ou pas inondables. Dans les deux cas, la durée de la saison sèche est suffisante pour permettre le flétrissement de la végétation et le brûlis annuel auquel ces savanes sont soumises active le processus d'appauvrissement des sols et permet l'extension des savanes au dépens de la forêt qui les entoure.

Le deuxième processus concerne les sols sablo-argileux, argileux et argilo-limoneux appartenant soit à l'unité physiographique de pénélaine d'érosion-altération soit au complexe alluvial Parucito-Manapiare.

Dans le cas des savanes non inondables argileuses de la pénélaine d'érosion-altération, aussitôt la couverture forestière enlevée par l'action de l'homme, la saison sèche nettement marquée aura pour conséquence un processus pédologique irréversible qui intervient dans la modification du fonctionnement hydrique des sols. Ces derniers sont soumis à une dessiccation extrêmement forte des horizons subsuperficiels qui détermine par modification de la microstructure interne du sol, une compactation des horizons de moyenne profondeur et corrélativement la diminution de leur perméabilité et porosité. L'apparition d'une hydromorphie secondaire temporaire se manifeste. Ces sols dont le point de flétrissement est dépassé durant la saison sèche sont voués à supporter une maigre végétation de savane arbustive que l'homme brûle chaque année.

Dans le cas des savanes développées sur les formations alluviales du complexe Parucito-Manapiare, la nature minéralogique du matériau originel, riche en montmorillonite, conduit à une structure différente des horizons (prismatique); toutefois, dès que la couverture forestière est enlevée, les conditions de dessiccation très fortes durant la saison sèche conduisent également à un processus pédologique similaire. La compactation des horizons de moyenne profondeur, leur durcissement, la modification du fonctionnement hydrique du profil par di-

minution de la perméabilité et de la porosité interviennent. L'évolution de ces sols vers les planosols est assez nettement observable. Les savanes qui se développent sur ces sols sont périodiquement soumises au brûlis ce qui favorise le phénomène de compactation des horizons de moyenne profondeur en activant la dessiccation des horizons superficiels et leur perte en humus. Ces savanes ont tendance à s'étendre au dépens de la forêt limitrophe.

Dans tous les cas, l'Homme, par son action directe de déforestation et de brûlis, semble déterminer ou renforcer l'orientation pédologique du milieu. En modifiant indirectement et d'une manière irréversible le fonctionnement hydrique des sols par l'intermédiaire d'un contraste saisonnier marqué, il conditionne définitivement et surtout dans la mesure où il maintient son activité la couverture végétale.

Introduction.

Les savanes sont assez largement répandues dans le Territoire Federal Amazonas et sont particulièrement mieux représentées au nord du 2ème parallèle de latitude nord. Certains auteurs dans des articles publiés au cours de la dernière décennie, entre autres Ducke et Black, 1953, Van Donselaar, 1965, Zonneveld, 1968, Bigarella, Mousinho et Da Silva, 1969, Eden, 1974, Tricart, 1974, Journaux, 1975, Blancaneaux et al, 1976 ont insisté sur les conditions paléoclimatiques du quaternaire et leurs actions sur la végétation et la géomorphologie. Eden, 1974, considère même les savanes du sud du Venezuela comme des reliques de zones beaucoup plus étendues au cours de la période aride qui a coïncidé avec la dernière régression préflandrienne. Journaux, 1975, distingue un balancement des zones climatiques en Amazonie ; ses observations ont portées à la frontière entre le Brésil et le Surinam dans les savanes des "Tirios". Selon cet auteur, avant l'holocène, le domaine forestier s'étendait plus au nord qu'actuellement tandis qu'au sud les savanes occupaient largement les plateaux jusqu'aux abords de l'Amazonie ; au cours des 13.000 dernières années, la forêt aurait reconquis le domaine méridional tandis que les savanes auraient progressées dans le nord. Ces observations coïncident avec celles de Tricart, 1974. D'autres auteurs (Hitchcock, 1948) suggèrent que ces savanes pourraient avoir une origine anthropique et qu'elles seraient principalement pyrogéniques. Ce point de vue s'accorde avec l'hypothèse sur l'origine de certaines savanes en Amérique Tropicale proposée par Budovski, 1956; Sauer, 1958. De rares chercheurs ont par contre attribué l'existence de certaines savanes amazoniennes aux conditions défavorables du sol et du drainage (Béard, 1953; Cole, 1960).

Localisation.

L'étude présentée ici repose sur les observations faites lors du levé des sols actuellement en cours dans tout le T.F. Amazonas (Fig. 1 et 2). Tout le Territoire a été survolé mais la région située au nord du 3ème parallèle de latitude nord a jusqu'ici été plus particulièrement étudiée et certains secteurs témoins ont été levés à une échelle semi-détaillée ou préliminaire (1/50.000-1/100.000-1/125.000). Les figures 3 et 4 d'interprétation des images de satellite NASA-LANDSAT 2080-13571 et 13574 du 12 avril 1975 (composition de couleur des canaux 4, 5 et 7), montrent la distribution des principales savanes rencontrées entre les parallèles 3°30' et 6°30' de latitude N et 65°00' et 67°00' approximativement de longitude ouest.

Une mosaïque physiographique complète de toute la zone située au nord du parallèle 3°30' de latitude nord a été établie au 1/250.000 par stéréointerprétation des images RADAR. Au cours de la vérification au sol des unités physiographiques reconnues et du levé des sols effectué, cinq grands types de formations végétales de savanes étroitement associés aux unités géomorpho-pédologiques ont été identifiés.

Ces différents types de savanes que nous présentons par la suite ont été plus particulièrement étudiés dans les secteurs de Puerto Ayacucho-San Pedro, Santa Barbara-Yapacana, Manapiare-Parucito et Cucuri-Asita-Paru.

Conditions du milieu.

1 - Climat.

La figure 5 des isohyètes moyennes annuelles pour ces levés sont effectués par la Division des Sols du Ministère

(ORSTOM-HARNR).

la période 1971-1974 montre la distribution des pluies au sud du Venezuela. Celles ci augmentent régulièrement le long de l'Orénoque du nord (Caicara del Orinoco, 1548mm) au sud (San Carlos de rio negro, 3694mm). Le climat, original, est du type équatorial humide caractérisé par la présence d'une saison sèche nettement marquée (Fig. 6 et 7). Cette saison sèche qui dure en moyenne de septembre à avril se singularise par un fort déficit hydrique des sols durant les mois de décembre à avril. Les déterminations du bilan hydrique effectuées pour les stations de Puerto Ayacucho et San Fernando de Atabapo montrent la diminution progressive du nord vers le sud de la demande nette en eau et l'augmentation corrélative des excédents durant la saison pluvieuse. En ce qui concerne le régime d'humidité des sols tel qu'il est défini dans la 7ème Aproximation Américaine (formule de F.Newhall) 1974, on passe du nord au sud d'un régime Ustic à un régime Udic puis Perudic, (Fig. 8).

Suivant la position topographique dans l'unité physiographique, la nature du matériau originel et consécutivement les types de sols qui s'y développent, les conséquences des variations climatiques ne seront pas toujours les mêmes et nous verrons pour chaque type de savanes reconnues sur chacun des cinq unités physiographiques qu'elles en sont les conséquences sur les sols et la végétation qu'ils supportent.

2 - Géomorphologie.

Les cinq grands types de "savanes" associés aux unités géomorpho-pédologiques reconnues dans le T.F. Amazonas sont : (Fig. 9).

Ensemble I.

- 2.1 - Les "savanes" des glacis sableux de la région de Puerto Ayacucho sur le contact des Llanos et du Massif Guyanais (massifs granitiques du Parguaza et de Santa Rosalia) ; peu ou non inondables.

Ensemble II.

- 2.2 - Les "savanes" des grandes plaines d'érosion sableuses, d'origine granitique ou gréseuse ; particulièrement représentées en bordure de l'Orénoque, du Ventuari et dans la pénéplaine du Casiquiare ; inondables.

Ensemble III.

- 2.3 - Les "savanes" de la pénéplaine d'érosion-altération.

- D'origine granitique.

Elles sont principalement rencontrées sur la bordure occidentale du massif de Parguaza et dans la région de Caicara del Orinoco. On les rencontre également dans le secteur Cacuri-Paru (haut Ventuari), dans la région de Santa Barbara-San Antonio, la Esmeralda etc... Non ou très peu inondables.

- D'origine volcanique acide (rhyolite essentiellement).

Elles ont été principalement observées sur le haut Ventuari dans la région nord du Parucito, de l'Asita, de la "Meseta del viejo", au "cerro churuata" etc... Non ou très peu inondables.

Ensemble IV.

- 2.4 - Les "savanes" développées sur le complexe alluvial fluvial récent ou subrécent du Manapiare et du Parucito. Inondables.

Ensemble V.

- 2.5 - Les "formations végétales de savanes apparentes" développées sur les hauts plateaux gréseux ou "Tepuyes" du Roraima (grès et quartzites) et des produits de l'altération de ces derniers. Ces formations ont été particulièrement observées sur le "cerro Paru", le "cerro Morrocoy", le "cerro Moriche", le "cerro Autana", le "cerro Sipapo", le "cerro Duida" etc.. Non inondables dans la majorité des cas mais inondables dans certaines cuvettes d'accumulation des produits de la désagrégation des grès.

A chacune de ces formations distinguées correspond des types de sols différenciés soit au niveau de l'ordre (classe) soit au niveau du groupe. Dans tous les cas, le facteur physique limitant directement décelable sur le terrain a été le drainage, interne ou externe. Ce sont les conditions texturales du matériau originel liées à la position topographique et géomorphologique de ce dernier et consécutivement la dynamique de l'eau dans le sol qui semblent conditionner l'évolution des sols qui en dérivent et de la végétation qu'ils supportent.

3 - Les sols et la végétation.

Ensemble I.

- 3.1 - Les sols et la végétation des "savanes" des glacis sableux sur le contact Llanos-Massif Guyanais.

Les savanes des glacis sableux sont rencontrées, dans le T.F. Amazonas, sur la bordure nord-occidentale et occidentale des massifs du Parguaza et du batholite de Santa Rosalia appartenant au bouclier Guyanais. Il s'agit d'une zone de transition entre les "Llanos" qui se développent à l'ouest, et le massif guyanais proprement dit à l'est, (Blancaneaux et al, 1977). Le paysage général est celui de larges savanes ouvertes, quasi planes ; le matériau est sableux et repose sur le soubassement cristallin qui perce en de nombreux endroits sous forme de coupes dômes, d'inselbergs et d'affleurements fortement érodés où prédominent les formes pseudokarstiques (Blancaneaux, Pouyllau, 1977). Les sols les plus fréquemment observés dans ces savanes appartiennent à l'ordre des entisols (Typic Ustipsamments, Typic Quartzipsamments ° ou Sols minéraux bruts, non climatiques, d'érosion, régique sur matériau d'érosion des roches du socle +).

° U.S. Soil Taxonomy

+ Classification Française des Sols

Toutéfois on y a également observé des Oxisols (Quartzipsammentic Haplorthox ° ou Sols ferrallitiques fortement désaturés en B, extrêmement appauvris, quartzopsammitiques, sur matériau d'érosion des roches du socle +). Nous présentons ici le profil PTY 102, typique de ces savanes sableuses excessivement drainées.

Profil PTY 102 (Blancaneaux et al., 1977). Voir résultats analytiques, tableau n° 1.

Classification : Typic Ustipsamment.

Situation : Ecole "Granja comunal" à 33 km au nord de Pto Ayacucho.

Géomorphologie : Glacis sableux de la plaine résiduelle; matériau d'origine granitique. Zone de contact Llanos-Massif Guyanais

Relief et drainage : Quasi plat ; pente de 1% approximativement ; zone sujette à des inondations exceptionnelles, de courte durée; sol excessivement drainé.

Erosion : Laminaire et éolienne due au brûlis répété.

Végétation naturelle prédominante : Savane à "saeta" (*Trachypogon* sp.); "manteco" (*Byrsonima crassifolia*) ; "alcornoque" (*Bowdichia virgilloides*).

Utilisation actuelle : Elevage extensif.

Morphologie simplifiée du profil.

Horizon	Profondeur (cm)	Description
A 1	0-25	Sableux ; rose (7,5YR5/4) ; particulière, fragile; friable, sec; non adhésif et non plastique, humide; perméabilité très rapide; très poreux; racines fines fréquentes ; matière organique; activité biologique forte; transition graduelle, plane.
A 3	25-35	Sableux ; rose foncé (7,5YR5/6) ; particulière; friable, sec; non adhésif et non plastique, humide; infiltration de matière organique; racines fines très fréquentes ; perméabilité très rapide; bouillant; transition graduelle, ondulée.
C 1	35-120	Sablo-argileux; rose foncé (7,5YR5/8); particulière; friable, sec; perméabilité rapide; peu de racines ; cohésion très fragile.

31.1 - Caractéristiques physiques et chimiques.

Ces sols montrent la prédominance de la fraction sableuse sur les autres fractions texturales (90% de sables totaux de 0 à 10cm et 78% de 100 à 110cm). Corrélativement, la structure est particulière ; même en profondeur, la cohésion est très faible et le matériau bouillant reste très friable. La porosité et la perméabilité sont très fortes, surtout dans les horizons superficiels. Le drainage interne est excessif. La capacité de rétention en eau est très faible. Ces sols sont très fortement lixiviés. Chimiquement ils sont extrêmement pauvres, très acides à acides (le pH varie de 4,2 à 5,9), ils présentent des déficiences minérales pour tous les éléments analysés (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺ et K⁺ particulièrement). La capacité d'échange est très faible, représentée seulement dans l'horizon humifère (3me/100g de sol). Suivant la Soil Taxonomy, 1974, ces sols ont un régime d'humidité Ustic. (Fig.8).

31.2 - Conséquences.

Le drainage interne excessif de ces

sols , lié à un contraste saisonnier marqué (Fig. 6 et 7) où la saison sèche est particulièrement nette et centrée autour du mois de février, conduit à un déficit hydrique important de ces derniers durant en moyenne quatre mois. La végétation flétrit, dépérit et brûle chaque année. Les îlots forestiers se maintiennent dans les secteurs de plus grande capacité de rétention en eau (galeries forestières sur les dépôts alluviaux et alluvio-colluviaux des principaux axes de drainage qui traversent ces glacis et où se développent essentiellement des Inceptisols et en particulier des Tropaquepts^o plus argileux). On les trouve également sur les produits de l'altération du granite in situ qui affleure ou émerge par endroits sur le glacis ; ces îlots forestiers sont appelés "matas" au Venezuela.

Ces savanes sont donc édaphiques et leur extension au dépens de la forêt, conditionnée par les caractéristiques du milieu (climat et sols) se fait par l'action anthropique grâce aux feux répétés auxquels elles sont régulièrement soumises durant la saison sèche afin que le bétail puisse se nourrir des jeunes repousses.

31.3 - Végétation.

Les savanes arbustives et herbacées des glacis sableux (ensemble I) sont étroitement associées aux savanes arbolées de la pénélaine d'érosion-altération qui se développent sur les collines qui percent le glacis et qui dominent le paysage.

Les espèces largement dominantes des savanes sableuses et qui constituent plus de 90% de la végétation sont les suivantes :

Espèces arborées :

- Bowdichia virgilioïdes ("alcornoque")
- Byrsonima crassifolia ("chaparro manteco , manteco")

Espèces arbustives :

- Xylopia frutescens (" fruto de burro")

Espèces herbacées :

- Trachypogon vestitus (" saeta ")
- Axonopus canescens

Ces déterminations ont été faites dans la région de Puerto Ayacucho. Les espèces associées à celles présentées ci-dessus sont jointes à la description de la végétation des savanes de la pénélaine d'érosion-altération (ensemble III).

Ensemble II.

3.2 - Les sols et la végétation des "savanes" des grandes plaines d'érosion sableuses, d'origine granitique et/ou gréseuse, de l'Orénoque, du Ventuari et du Casiquiare.

Ces savanes se localisent principalement sur la marge occidentale du Ventuari et sur la frange septentrionale de l'Orénoque peu après sa confluence avec le Ventuari, c'est à dire sur

la retombée méridionale du massif du Parguaza, mais elles sont surtout largement représentées sur la pénéplaine du Casiquiare délimitée par le "rio Casiquiare", l'Orénoque et l'Atabapo, et le rio Guainia.

Le soubassement cristallin de la plaine d'érosion est constitué par des granites et des gneiss acides. Les produits d'altération et d'épandages sableux (quartz) de la décomposition des granites dominent largement. Ils sont localement recouverts par des produits d'épandages des grès. Cette plaine d'érosion est casi plane. Dans certains secteurs isolés où émerge le socle, la topographie devient légèrement ondulée (relief en demi-oranges), surbaissée. Les pointements du socle sont alors immédiatement recouverts par la forêt dense. Ce paysage général est dominé par les plaques résiduelles de l'épaisse couverture sédimentaire gréseuse et quartzitique de la formation Roraima constituant les "Tepuyes" ou hauts plateaux de la région. Le principal témoin de cette formation est représenté dans le paysage de la plaine d'érosion qu'il domine par le "cerro Yapacana" à 40km au SSE de Santa Barbara sur la rive droite de l'Orénoque. Les savanes développées sur les produits d'érosion sableux de ces grès se répartissent régulièrement au pied et sur ces plateaux ; elles ont été observées dans tous les secteurs où sont localisés ces hauts plateaux.

La pénéplaine du Casiquiare qui est l'unité physiographique dans laquelle se répartissent principalement ces savanes, est la zone de délimitation des deux plus grands bassins versants de l'Amazonie, puisqu'elle met en communication directe l'Orénoque avec l'Amazone. Le "rio Casiquiare" qui relie l'Orénoque au "rio negro", affluent de l'Amazone, voit la direction d'écoulement de ses eaux passer du NNE au SSO. C'est également le cas du "cano San Miguel ou Conoroquite" situé au nord du "rio Casiquiare" et qui au maximum des périodes d'inondations temporaires du secteur, met en communication les eaux du "rio Guainia" (principal affluent du rio negro) au "brazo Casiquiare" près de sa confluence avec l'Orénoque. Cette région montre par bien des aspects géomorphologiques et hydrologiques un caractère "semi-endoréique" et se présente comme une vaste zone de très faible pente générale, véritable réservoir d'accumulation des eaux de pluie. C'est aussi dans cette partie du T.F. Amazonas que les précipitations sont les plus élevées puisqu'elles atteignent 3.694mm à San Carlos de rio Negro et 3.900mm à Maroa (Fig.5).

g/ Le survol aérien montre de larges étendues sableuses planes, blanchies, traversées par les falerias forestières bordant les axes d'écoulement naturels le long desquels s'établissent les palmiers "mori-ches" (*Mauritia* sp.). La forêt alterne régulièrement avec les savanes; elle s'observe en bordure des axes fluviaux importants, sur les dépôts argilo-sableux ou argilo-limono-sableux plus ou moins parallèlement disposés aux lits des grands fleuves ; bourrelets de berge du Ventuari, de l'Orénoque ; nappes de débordement et cuvettes du Casiquiare etc... On la trouve également sur toutes les collines au modelé en demi-oranges constituant les pénéplaines, moyenne et haute, qui dominent la grande plaine d'érosion. La présence de zones d'accumulation temporaire d'eau sous forme de lagunes ou de marécages est fréquemment observée. Dans les savanes, l'eau a souvent une couleur rouge-brunâtre (de café dilué), déjà remarqué par Humboldt, 1819. On sait que cette couleur est toujours associée à l'existence de sols extrêmement pauvres des zones de lessivage et d'appauvrissement favorisés par une texture exagérément sableuse du matériau (particulièrement sur les matériaux engendrés par la désagrégation des grès et quartzites du Roraima). Le lessivage et la migration de certains éléments peuvent se produire sous l'influence des acides organiques libérés par la matière végétale fraîche, en fonction de l'alternance saisonnière (Klinge, 1968; Blancaneaux et al, 1973; Turenne, 1977). Ce sont généralement des sols podzoliques

qui s'observent à proximité de ces courants "d'eau noire" ; la très faible concentration en cations de ces sols permet que la matière organique en voie de décomposition sous formes d'acides humiques, fulviques ou autres composés organiques, se dissolvent dans les cours d'eau. Dans les sols plus riches en cations, les composés organiques polymérisent et se lient à la matière minérale ; ils ne sont pas ou sont beaucoup plus difficilement exportés des sols et transportés par les rivières. Dans ce cas, les eaux prenant naissance dans ces sols ont une couleur claire ou "blanche".

Toutefois, la très grande majorité des sols observés sur les grandes plaines d'érosion appartiennent à l'ordre des Entisols ; à l'intérieur de cet ordre, ce sont les Quartzipsamments qui prédominent au niveau du groupe et parmi eux les Aquic Quartzipsamments^o au niveau du sous groupe. Régulièrement associés à ces sols on observe des Typic et des Histic Quartzipsamments (ces derniers étant localisés aux zones d'engorgement casi permanent) et des Spodic Tropaquent^o (Sols hydromorphes moyennement organiques à hydromor acide ou à horizon fibrique sur matériau d'érosion des roches du socle et sols minéraux bruts d'érosion régniques⁺).

Tous les sols des savanes sableuses de la plaine d'érosion, que ces sols soient d'origines granitiques ou gréseuses, apparaissent comme de véritables "squelettes minéraux résiduels quartzeux". Les profils SB 1 et PTY 190 sont représentatifs de ces types de sols.

Profil SB 1 (D. Dubroeuq et al, 1978).

Classification : Aquic Quartzipsamment^o

Situation : Près du "cano Totremo" sud de Sta Barbara.

Géomorphologie : Plaine d'érosion ; matériau résiduel quartzeux des roches du soubassement.

Relief et drainage : Zone plane avec une pente inférieure à 0,5%.

Végétation : Savane herbeuse et arbustive, basse.

Utilisation actuelle : Sans.

Morphologie simplifiée du profil.

Horizon	Profondeur (cm)	Description.
A 11	0-3	Sableux; gris (10YR7/1), sec; faiblement grumeleux; peu nette ; racines fines; très poreux ; perméable; friable à l'état sec; transition rapide.
AC	3-14	Sableux; blanc (10YR8/6) ; particulière; boulang; peu de racines; transition nette.
C 11	14-110	Sableux; blanc (10YR8/6) ; particulière, boulang; peu de racines ; transition graduelle.
C 12	110-150	Sableux ; gris clair (10YR8/1); humide; particulière simple; non adhésif et non plastique ; boulang; transition graduelle.
C 2	150-170	Sableux; jaune clair (10YR7/4); humide; taches jaunes peu grandes, nettes; massif; peu perméable à imperméable ; intrusions de quartz abondantes.

Profil PTY 190 (Blancaneaux et al, 1977).

Classification : Aquic Quartzipsamment °

Situation : 5 km à l'est de San Pedro ; entre l'Orénoque et le "rio Sipapo".

Géomorphologie : Plaine d'érosion sableuse ; produits de désagrégation des roches granitiques du soubassement. Inondable.

Relief et drainage : Plat ; pente inférieure à 1%. Drainage externe très lent ; interne, très lent à nul.

Erosion : Laminaire.

Végétation naturelle dominante : savane à "saeta" (Trachypogon sp) ; "chaparrós" (Byrsonima crassifolia). Savane ouverte, basse avec de rares arbustes.

Utilisation actuelle : Sans.

Morphologie simplifiée du profil.

Horizons	Profondeur (cm)	Description
A 11	0-20	Sableux ; gris (10YR6/1) ; particulaire simple ; friable ; non adhésif et non plastique, humide ; perméabilité assez rapide ; racines fréquentes, fines ; activité biologique forte ; limite très nette, rapide.
A 12	20-35	Sableux ; blanc (10YR8/1) ; taches grises (10YR7/1) fréquentes ; particulaire simple ; bouillant ; friable ; non adhésif et non plastique ; perméabilité modérément lente ; rares racines ; activité biologique, moyenne ; transition graduelle.
C 1	35-120	Sableux ; blanc (10YR8/1) ; particulaire ; non adhésif et non plastique ; humide ; sans racines ; nappe phréatique à 50 cm.

32.1 - Caractéristiques physiques et chimiques (voir résultats analytiques, tableau 1).

Ces sols offrent une texture sableuse dans tout le profil et la fraction sableuse dominante est fonction du type de roche mère. C'est ainsi que sur les roches métamorphiques foliées riches en séricite rencontrées en association avec les granites au sud de Sta Barbara, c'est la fraction très fine des sables (0,05-0,1mm) qui prédomine ; elle varie de 41,9% (0-3cm) à 58% (150-150 cm). Le pourcentage en sables totaux varie de 90,7% à 82% dans l'ensemble du profil. Quand le matériau sableux dérivé des granites, c'est la fraction moyenne des sables (0,5-0,25mm) qui domine ; 53,9% de 0 à 10cm et 21,1% de 110 à 120cm pour le profil PTY 190.

Les quartz sont dans tous les cas très friables et se morcellent facilement, ce qui provoque un colmatage interne du profil, réduit la porosité et la perméabilité et conduit à un drainage interne rapidement déficient. Ces sols sont régulièrement soumis à une hydromorphie temporaire de surface ou de moyenne profondeur. Ce phénomène de colmatage interne du profil par morcellement répété des grains de quartz a également été observé en Guyane française sur les formations sableuses de la "série détritique de base" ; ce matériau aurait pour origine les formations gréseuses du massif de Roraima-Kayeteur situé au sud de la Guiana. De ce fait, les sables de la S.D.B de Guyane ne pouvaient pas être utilisés en hydroponie, les circulations internes étant rapidement bloquées par tassement de tout le profil consécutif à ce colmatage interne (Blancaneaux et al, 1973).

Ce sont des sols moyennement acides (SB1) à très acides (PTY 190). Le pH (H₂O 1/2) moyen est régulièrement inférieur à 5 dans le cas des granites. La capacité d'échange cationique est extrêmement basse (de l'ordre de 1me/100g de sol) ; les bases échangeables sont casi inexistantes et toujours inférieures à 0,5me/100g de sol. Le contenu de matière organique totale est très faible et est limité à une faible couche superficielle très fragile, inférieure à 5cm d'épaisseur en moyenne et est de l'ordre de 1% ; il devient casi nul à plus grande profondeur. Le phosphore disponible (méthode Bray) est à l'état de traces. Les carences en azote et en phosphore dans ce milieu extrêmement pauvre favorisent l'établissement d'une flore carnivore (Drosera roraimae).

32.2 - Conséquences.

Les conditions de drainage externe des sols développés sur ces plaines d'érosion sont extrêmement médiocres. La pente moyenne est faible et l'ensemble des formations comprises entre l'Orénoque, le Ventuari, le Casiquiare et le "rio Negro" (ensemble II) se comporte comme un vaste complexe semi-endoreique. A ce drainage externe déficient du à la position relativement basse de cette unité par rapport aux autres unités présentes dans la région, s'ajoutent les précipitations les plus élevées enregistrées dans tout le sud du Venezuela ; entre 3.600 et 4.000mm par an. Cela conduit à un engorgement total, temporaire de ces savanes durant approximativement 4 mois par an. Mais les trois mois de déficit hydrique centrés autour de janvier et dont souffrent ces sols annuellement suffisent sur un matériau aussi "déséquilibré texturalement" et dont la capacité de rétention en eau est insignifiante, à provoquer l'assèchement total de la pauvre couverture graminéenne ou arbustive de savanes qui s'y développe. Ces savanes vont de surcroît brûler chaque année. Durant les mois de janvier, février et mars, le survol de toute cette région offre le spectacle d'un immense brûlis. La photo satellite (Fig.3) du 12 avril 1975 traduit clairement l'importance de ces feux de savane.

Les conséquences de ces derniers sont évidentes dans les conditions particulières du milieu ; à défaut d'être emportés par les vents du NE qui soufflent à cette époque sur ces vastes étendues dénudées et surchauffées (la température au soleil mesurée au mois d'avril 1977 dans ces savanes dépasse au sol 60°), les premières averses de caractère orageux lors de la reprise des pluies auront un rôle non négligeable dans l'enlèvement des cendres végétales déposées à la surface du sol. A ce phénomène d'appauvrissement en éléments fertilisants par exportation éolienne ou hydrique vient s'ajouter celui de l'engorgement, du battement phréatique et de la lixiviation intense de ces sols au cours de la saison pluvieuse.

Ces savanes se présentent comme de véritables supports minéraux résiduels, riches en quartz et dépourvus de tout éléments fertilisants. Elles sont édaphiques et ce sont principalement leurs conditions de drainage externe et de fonctionnement hydrique découlant de leurs caractéristiques texturales qui induisent leur pédogénèse dans le sens de l'appauvrissement, de la lixiviation et finalement de leur stérilité. Leur extension au dépens de la forêt se fait principalement par les brûlis auxquels elles sont périodiquement soumises ; une grande partie de la forêt basse, arbustive et broussailleuse qui circonscrit ces savanes, brûle en effet également chaque année.

32.3 - Végétation.

Les déterminations ont été faites (Huber, O., 1978) dans la région du bas Ventuari, près du "cerro Yapacana", et dans les environs de Sta Barbara ; les espèces ci-dessous ont également été reconnues le long du "rio Atabapo" jusqu'à Maroa et Yavita.

Espèces dominantes.

Arborées :

Terminalia yapacanae
Ramatouella sp.
Cyrilla racemiflora
Pentamerista neotropica
Euceraea nitida
Mauritia sp

Arbustives :

Macrolobium savannarum
Lacmellea pygmaea
Digomphia ceratophora
Lasiadenia sp
Mabea linearifolia
Humiria sp
Sapotaceae

Herbacées :

Schoenocephalum cucullatum
Abolboda sp
Eriocaulaceae, div. sp.
Xyris div. sp.
Utricularia div. sp
Pitcairnia juncoides
Dulacia redmondii
Cyrtospermum wurdackii
Farringtonia fasciculata
Ouratea sp
Ochtocosmus

Ensemble III.

3.3 - Les sols et la végétation des "savanes" de la pénélaine d'érosion-altération.

33.1 - D'origine granitique.

Ces formations sont relativement moins étendues en continu que les deux précédentes. Elles ont été principalement observées sur la frange de contact entre les glacis sableux de la région de Pto Ayacucho et le massif granitique oriental. On les a également reconnues dans la région de Sta Barbara-San Antonio, sur le haut Ventuari dans la région de Cacuri et du Paru, et dans certains secteurs isolés comme La Esmeralda, sur le bord du Duida (altitude 1000m environ), dans quelques vallées d'effondrement comme Simarawoche, (Gavaud, M, 1978), au pied de grands escarpements situés au SE du Duida etc. Dans la grande majorité des cas, ces savanes présentent les signes manifestes d'une activité anthropique. Toutefois, c'est également et particulièrement sur ces formations que sont observées les traces pédogéomorphologiques les plus évidentes de la période sèche qui a sévié dans la région au cours de la dernière phase glaciaire du Würm (environ 10.000 ans A.J.C.) : cuirassement, remaniement et mise en place

de stone-line, apparition d'inselbergs etc.. (Blancaneaux et al, 1977).

Dans le T.F. Amazonas du Venezuela, la pénélaine d'érosion-altération se caractérise par une topographie assez faiblement ondulée, rabotée, disséquée par l'érosion. Les formes qui en résultent sont relativement molles et les croupes granitiques où affleure la roche saine sont fréquentes (inselbergs, dômes et coupes en dos de baleine etc). Le paysage général est celui de vastes savanes arborescentes/arbustives/ où prédomine largement la "saeta" (Trachypogon sp.) en association avec les "chapparros" (Byrsonima crassifolia), le "picaton" (Platycarpum orinocense) et la "cagada del señor" (Eulbostylis paradoxa).

Certains secteurs présentent des affleurements de cuirasse remaniée, vestiges d'anciens glacis indurés actuellement démantelés et découpés par le jeu de l'érosion régressive. C'est en particulier le cas des savanes de "el Oso" au NO de Cacuri, rive gauche du Ventuari. Les filons de quartz traversent fréquemment ces savanes en y déterminant un micro-relief accidenté. La végétation dans ce cas se fait rare avec prédominance de "chapparros" aux troncs tortueux et rabougris.

Les principaux sols observés sur ces formations appartiennent aux ordres des Oxisols et Ultisols (Typic et Plintic Haplorthox ° et Oxic Plinthustults ° dans le cas des savanes sur matériau d'altération ferrallitique ou ferrugineux soit en position de demi-oranges, soit en position doucement ondulé dans les savanes de Cacuri par exemple); ce sont dans la classification française des sols ferrallitiques fortement désaturés en B, typiques, remaniés, modaux et hydromorphes ou des sols ferrugineux tropicaux lessivés, hydromorphes⁺). Sur les cuirasses se développent des sols minéraux bruts d'érosion, lithiques⁺ ou Lithic Troporthents°).

Profil type C 6 . (Blancaneaux et al, 1978).

Classification : Plintic Haplorthox °

Situation : 2,9 km sur la piste des Makiritares en direction SE à partir de Cacuri.

Géomorphologie : Pénélaine d'érosion-altération de granite, peu disséquée ; quelques affleurements isolés de granite.

Relief et drainage : Quasi plat ; pente moyenne de l'ordre de 2%.

Drainage externe moyennement rapide ; interne moyen dans les horizons superficiels puis rapidement lent à très lent à moyenne profondeur.

Erosion : éolienne très forte ; la fraction fine du sol est constamment enlevée ce qui met à nu les concrétions ferrugineuses qui reposent directement à la surface du sol sur une mince pellicule desséchée de matière organique brun rougeâtre foncé.

Observations : A la surface du sol on observe d'abondantes concrétions ferrugineuses (2cm approximativement), à cuticules lisses polies, dures, sur une épaisseur de 1cm environ au dessus de l'horizon humifère.

Utilisation actuelle : élevage extensif. Brûlis annuel de la savane.

Activité biologique : Termitières épigées (30cm) provoquant un remaniement des horizons supérieurs du sol.

Végétation naturelle dominante : savane arbustive à Trachypogon sp et Byrsonima crassifolia traversée par des "Morchales" (Mauritia sp.)

Morphologie simplifiée du profil.

Horizons	Profondeur (cm)	Description
----------	-----------------	-------------

- Gr -2-0 Concrétions ferrugineuses ; rouge foncé (10R3/2); jusqu'à 5cm de diamètre.
- A00 0-0,2 " Film" de matière organique noircie durcie, brun-rougeâtre foncé, imprégné de quartz petits et enrobant les concrétions ferrugineuses abondantes. Transition abrupte et plane.
- A1 P 0,2-8 Sablo-argileux; brun-jaunâtre foncé (10YR4/6) ; taches plus ou moins dures, rouge foncé (10R3/4) ; polyédrique subanguleuse, fragile; peu adhésif et peu plastique, humide ; concrétions ferrugineuses, fréquentes, variables; perméabilité modérément rapide; racines, fines et moyennes; zones préférentielles d'accumulation d'argile; transition graduelle, ondulée.
- A3 P 8-26 Sablo-argileux; brun jaunâtre foncé (10YR6/6); taches rouge foncé (10R3/4); polyédrique subanguleuse; peu adhésif et peu plastique, humide; concrétions ferrugineuses; peu de racines; infiltration d'argile; transition graduelle, plane.
- B1 26-45 Argileux; brun foncé (7,5YR5/6); taches de plintite rouge foncé (10R3/4) plus ou moins dures; polyédrique subanguleuse forte; adhésif et plastique, humide; perméabilité lente; racines rares; transition nette, rapide et ondulée.
- B21 45-66 Argileux; brun foncé (7,5YR5/6); approximativement 40% de taches rouge (2,5YR5/6); polyédrique subanguleuse très forte; adhésif et plastique, humide; racines, rares; sec, très dur; massif; compact; très ferme, humide; perméabilité lente à très lente; transition nette, plane.
- B22 66-125 Argileux; jaune rougeâtre (7,5YR6/8) avec des taches rouge (2,5YR4/6), abondantes (50%), nettes, grandes; adhésif et plastique, humide; polyédrique subanguleuse très forte; perméabilité très lente; pas de racines.

33.2 - D'origine volcanique acide.

Les savanes développées sur les roches volcaniques acides, rhyolites, rhyodacites principalement, ont été observées exclusivement sur le haut Ventuari dans la région du "cerro Paru", la "meseta del viejo", le "cerro churuata" et ses environs immédiats et dans le secteur du Parucito sur les retombées sud-occidentales du "cerro Coroba". Des formations de savanes épousant fidèlement les dykes et sills volcaniques traversant les formations granitiques recouvertes par la forêt sont également observées dans ces secteurs.

Sur la piste SE des Makiritares à partir de Cacuri vers la savane de la cerbatana, deux profils de sols représentatifs de ces savanes sur matériau volcanique ont été étudiés (C7 et C11).

Le paysage général est celui d'une pénéplaine ondulée où les collines de roches volcaniques dominant les savanes arbustives casi planes qui se développent sur les produits d'altération du matériau. Ces collines volcaniques ont un aspect "pelé" et sont nettement remarquables dans la région. L'une d'entre elles, particulièrement distinguable depuis le Ventuari, le " mont chauve" ou "cerro churuata", rive droite du fleuve et en bordure de ce dernier un peu en amont de Cacuri, fut recon-

nue par Gheerbrant, 1952, lors de son expédition Orénoque-Amazone. Nous avons souvent constaté le développement d'une savane arbustive sur les matériaux volcaniques acides alors que sur les granites qui les entourent s'établit une végétation forestière dense. La nature pétrographique du matériau semble jouer un rôle non négligeable dans ce phénomène en prédisposant le sol qui en dérive à un comportement spécifique sous l'influence des alternances saisonnières. Elle semble contribuer aux modifications dans le fonctionnement hydrique des sols, de leur dynamique et secondairement de la végétation qu'ils supportent.

Profil C7

Classification : Ultic Haplorthox ° (Blancaneaux et al, 1978).
 Situation : 5km de Cacuri sur la piste des Makiritares en direction SE.
 Géomorphologie : Pénéplaine d'érosion-altération; matériau d'origine volcanique acide; colluvions au pied des collines "pelées", rhyolitiques.
 Relief et drainage : peu ondulé; pente de 2% environ; micro-relief de termitières épigées (20 à 30cm) très fréquentes. Drainage externe modérément rapide et interne modérément lent à lent.
 Erosion : éolienne, forte.
 Utilisation actuelle : Essai de plantation d'ananas ; très médiocre.
 Végétation naturelle dominante : "saeta" (Trachypogon sp.); "chaparros" (Byrsonima crassifolia).

Morphologie simplifiée du profil.

Horizons	Profondeur (cm)	Description
A11	0-8	Sablo-argilo-limoneux ; brun (7,5YR4/4) ; polyédrique subanguleuse, modérée et moyenne; faiblement adhésif et plastique, humide; racines fréquentes; activité biologique très forte; peu dur, sec; ferme, humide; perméabilité modérément rapide; sans concrétions ferrugineuses; transition nette, plane.
A3 B	8-25	Sablo-argilo-limoneux; brun rougeâtre (5YR4/4) ; polyédrique subanguleuse, modérée; peu dur, sec; ferme, humide; adhésif et plastique, humide; perméabilité modérément rapide; activité biologique forte; racines, fréquentes ; pores d'activité biologique, fréquents; transition graduelle, plane.
B21	25-85	Sablo-argileux à argileux; rouge jaunâtre (5YR4/6); polyédrique subanguleuse, forte; dur et compact, sec; très ferme, humide; très adhésif, très plastique, humide; perméabilité modérément lente à lente; quelques concrétions ferrugineuses, moyennes (1cm); racines, rares; transition rapide, plane.
B22 Cn	85-165	Argileux; rouge (2,5YR4/6); plus de 50% de concrétions ferrugineuses, petites, lissés, dures, rouge foncé (2,5YR5/2) ; polyédrique subanguleuse, forte; dur, sec; très ferme, humide; très adhésif, très plastique, humide; massif et compact; perméabilité très lente; pas de racines à partir de 85cm.

Profil C11

Classification : Typic Haplorthox ° (Blancaneaux et al, 1978)

Situation : 14 km de Cacuri sur la piste des Makiritares vers le SE.

Géomorphologie : plaine d'érosion-altération; matériau d'origine volcanique acide.

Relief et drainage : Doucement ondulé; pente de l'ordre de 2%. Drainage externe rapide et interne modérément rapide dans les horizons subsuperficiels puis modérément lent à lent avec la profondeur.

Végétation naturelle dominante: Savane à "saeta" (Trachypogon sp); le passage à une végétation casi exclusive de Bulbostylis paradoxa sur un matériau plus jaune est extrêmement brutal et se fait sur quelques mètres.

Morphologie simplifiée du profil

Horizons	Profondeur(cm)	Description.
A1	0-7	Argileux; brun rougeâtre foncé;(5YR3/4) ; polyédrique subanguleuse, forte; matière organique, fréquente; plastique et adhésif, humide; racines; fréquentes; peu dur, peu massif, sec, transition très nette.
A3	7-30	Argileux; rouge foncé (2,5YR3/6); polyédrique subanguleuse très forte; compact, ferme; adhésif et plastique, humide; racines, moins fréquentes; perméabilité lente à modérément lente ; transition graduelle, plane.
B1	30-60	Argileux; rouge foncé (2,5YR3/6); polyédrique subanguleuse, forte; adhésif et plastique, humide ; concrétions ferrugineuses, rares, petites (1cm ³); perméabilité lente; cutanes; racines, rares; perméabilité lente à très lente.
B2	60-120	Argileux; rouge foncé (2,5YR3/6); polyédrique subanguleuse forte; adhésif et plastique, humide; concrétions ferrugineuses, rares, petites, cutanes, fréquents; racines très rares; perméabilité très lente; porosité très faible.

33.3 - Caractéristiques physico-chimiques et conséquences.

Ces sols ont une texture soit argilo-sableuse dans les horizons superficiels passant à un matériau argileux avec la profondeur (C7), soit argileuse dans tout le profil (C11). Les teneurs en argile peuvent être élevées (74%) et augmentent régulièrement des horizons superficiels vers la profondeur. La présence d'éléments nodulaires, concrétions ferrugineuses, est souvent observée dans ces sols et ces éléments se localisent généralement dans les horizons B compacts et massifs de moyenne profondeur (80cm). On note une porosité beaucoup plus forte des horizons subsuperficiels, favorisée par la présence de matière organique et l'activité biologique. La porosité et la perméabilité décroissent assez rapidement avec la profondeur. Dès 40 centimètres de profondeur en moyenne, les horizons deviennent compacts, massifs et durs ; la pénétration racinaire est gênée par cette compacité et par la présence de nodules ferrugineux associés à cette diminution de perméabilité et de porosité du profil.

Chimiquement, ce sont des sols moyennement

acides à acides puisque le pH (H₂O 1/2) varie autour de 5 et reste régulièrement inférieur à 6; il augmente des horizons superficiels vers les horizons de profondeur en moyenne d'une unité. Les taux de matière organique totale décroissent rapidement de la surface (3 à 4% de 0 à 8 cm) vers la profondeur (0,5% à 50cm en moyenne). Les bases échangeables sont en quantité insignifiantes; le Na⁺ et le K⁺ apparaissent à l'état de traces. La capacité d'échange est faible à très faible et augmente avec la teneur en argile (8me/100g) pour 74% d'argile. Ce sont des sols très fortement lixiviés et leurs propriétés chimiques sont dans l'ensemble très médiocres.

Conséquences : Aux qualités physico-chimiques très médiocres de ces sols viennent s'ajouter des caractéristiques climatiques très défavorables. C'est moins le total des précipitations annuelles enregistrées à Cacuri (2.280mm) et à Pto Ayacucho (2.018mm) que la répartition de ces dernières au cours de l'année qui doit être considérée. Ces sols souffrent pendant plus de trois mois consécutifs d'un déficit hydrique très marqué. Durant la saison sèche, particulièrement durant les mois de Janvier, Février et Mars, ces sols montrent une dessiccation extrêmement forte du profil jusqu'à au moins un mètre de profondeur. Le résultat de cette extrême dessiccation des horizons subsuperficiels des sols est directement visible sur la couverture végétale de ces derniers et le point de flétrissement (pF 4,2) est dépassé ; la végétation herbacée et arbustive dépérit, s'assèche plus ou moins. C'est alors qu'intervient le brûlis. Le phénomène connu sous le nom "d'ultra-dessiccation" (Chauvel, 1977; Chauvel, Pedro, 1978) semble se produire avec une particulière agressivité dans les "savanes" développées sur les Oxisols et/ou les Ultisols de l'unité pédo-geomorphologique de la pénéplaine d'érosion-altération du sud du Venezuela; que le matériau soit d'origine granitique ou volcanique acide. Selon ces auteurs, le phénomène d'ultra-dessiccation qui se produit dans les zones tropicales à saisons contrastées, conduit à des contraintes physiques si intenses qu'elles provoquent une modification radicale des microstructures du sol; d'autre part dans ces sols déjà désaturés, l'ultra-dessiccation peut conduire à une acidité résiduelle très élevée (pH de l'ordre de 2) qui résulte du fait que les films d'eau recouvrant les éléments du plasma deviennent de plus en plus minces au cours des périodes asséchantes...." ce sont les horizons compactés du sol qui font apparaître les valeurs les plus basses. Le mécanisme de l'ultra-dessiccation semble être la cause d'une évolution pédologique originale qui conduit finalement à la modification du fonctionnement hydrique (hydromorphie secondaire) par compactation du sol en raison de l'obstruction de l'espace poral" (Chauvel, Pedro, 1978). Ce phénomène a été mis en évidence dans les sols ferrugineux lessivés, rouge (+) de Casamance (Senegal) par Chauvel, 1977 et dans l'Adamaoua (Cameroun) par Humbel, 1976.

A ces transformations, nous devons ajouter la contribution directe de l'ultra-dessiccation à la constitution d'horizons nodulaires ; la formation de concrétions ferrugineuses prenant naissance dans les horizons compactés où se développe une hydromorphie secondaire saisonnière. L'action éolienne et hydrique a tendance par la suite à dégager les nodules ferrugineux de plus en plus durs et patinés au fur et à mesure que l'on monte dans le profil et ces derniers apparaissent très fréquemment "posés" sur un film de matière organique brun rougeâtre foncé, desséché de moins d'un centimètre d'épaisseur, à la surface du sol. Ces observations, faites dans le sud du Venezuela, rejoignent celles de très nombreux chercheurs dans différentes régions d'Afrique, entre autres Ehrhart, 1935; Aubert, 1950; Maignien, 1954, 1958; Leneuf, 1959; Duchaufour, 1965 Segalen, 1969.....

Dans tous les cas, il nous fut possible de constater que les sols développés sous la couverture forestière des zones limitrophes des savanes semblaient posséder une porosité nettement meilleure des horizons de mo-

yenne profondeur; la tendance à la compactation des horizons-B ne se manifeste pas aussi clairement. Le comportement hydrique des sols sous forêt paraît donc moins défavorable que celui de leurs voisins sous savane. Ces savanes sont actuellement largement utilisées pour l'élevage extensif et annuellement l'action anthropique se fait sentir par les feux répétés auxquels elles sont soumises (c'est plus particulièrement le cas autour des pôles urbains comme Pto Ayacucho, Cacuri, Manapiare, Sta-Barbara-San Antonio etc;). Une fois la couverture forestière enlevée, le processus de reforestation naturel paraît fortement compromis. Cette reforestation se fera de plus en plus difficile au fur et à mesure que l'homme exercera ses feux annuels. Toutes les savanes observées sur ce type d'unité pédo-géomorphologique semblent donc avoir une origine anthropique; elles se seraient probablement étendues à partir de secteurs limités où les conditions paléoclimatiques et/ou géologiques (affleurements de roches, cuirasses et..) laissent envisager la possibilité d'existence au départ "d'ouvertures naturelles" dans la grande hylea Amazonienne. Ce sont ces ouvertures naturelles que l'homme a utilisé et utilise actuellement. Les modifications introduites dans le comportement hydrodynamique des profils débarassés de leur couverture forestière protectrice et directement soumis à l'action d'un climat aux saisons fortement contrastées (large excès d'eau en saison des pluies et extrême dessiccation en saison sèche) paraissent irréversibles dans l'évolution des sols et de la végétation. Ces savanes, d'origine anthropique très probable, continuent à s'étendre partout où l'Homme poursuit son action de déforestation et de brûlis. Ce qui est plus grave, c'est que dans la très grande majorité des cas, elles semblent se maintenir même là où l'homme n'intervient plus, et cela à cause des nouvelles conditions édaphiques introduites particulièrement au niveau du fonctionnement hydrique de ces sols conséquence de l'extrême dessiccation et de leur compactation par destruction de la microstructure interne. Dans le T.F. Amazonas du sud du Venezuela les conditions climatiques actuelles et leurs conséquences, "l'ultra-dessiccation" ne permettent pas la reforestation naturelle. Les sols rapidement abandonnés sont alors directement exposés à l'action érosive, éolienne et hydrique; la maigre végétation qui les couvre ne suffit plus à freiner l'érosion régressive extrêmement forte durant la saison des pluies, ni l'enlèvement des particules fines du sol durant la saison sèche. Le processus d'appauvrissement Sol-Flore dans les conditions du milieu actuelles semble s'autocatalyser.

33.4 - Végétation.

1/ Savane du type "Llanero" de la région de Puerto Ayacucho.

Déterminations faites principalement le long de l'Orénoque entre "el Burro" au N et le "rio Sipapo" au S. (Huber, 0, 1978).

Espèces dominantes :

Arborées

Curatella americana ("chaparro").

Bowdichia virgilioides ("alcornoque")

Byrsonima crassifolia ("chaparro manteco, chaparro")

Platycarpum orinocense ("picaton")

Caraipa llanorum

Arbustives

Xylopia frutescens ("fruto de burro")

Roupala montana

Jacaranda sp.
Protium sp.
Casearia sylvestris ("tapaculo")
Palicourea rigida
Hirtella sp.
Matayba sp.
 Melastomataceae (Miconia, Clidemia etc..)

Herbacées

Trachypogon plumosus ("saeta")
 " vestitus
Leptocoryphium lanatum
Andropogon leucostachyus
Otachyrium versicolor
Paspalum carinatum
Axonopus pulcher
Rhynchospora barbata
 " sp.
Bulbostylis div.sp.
Cyperus div.sp.
Schiekia orinocensis
Syngonanthus humboldtii
Utricularia div.sp.
Hyptis div.sp.
 Leguminosae (Mimosa div.sp; Cassia di.sp; Centrosema venosum; Crotalaria maypurensis, Eriosema simplicifolium; Galactia jussieuana; Desmodium barbatum; Phaseolus sp.)
Polygala div.sp.

2/ Savanes arborées des collines de la région de Manapiare.

Espèces dominantes :

Arborées

Caraipa llanorum (approximativement 90%)
Platycarpum orinocense ("picaton" en forme occasionelle).
Byrsonima crassifolia ("manteco")
Byrsonima sp.

Arbustives

Dioclea sp. : Ces deux premières espèces constituant plus de
Arrabidaea nigrescens 90% des espèces arbustives.
Vellozia tubiflora
Navia sp.
Pitcairnia
Cassia sp.
Pagamea sp.
Galactia jussieuana
Stenopadus cucullatus
Maytenus sp.

Herbacées

Paspalum contractum
 Cyperaceae div.sp.

Hyptis sp.
Xyris sp.
Schickia orinocensis
Polygala div.sp.
Coutoubea ramosa

Ensemble IV.

3.4 - Les sols et la végétation des "savanes" développées sur le complexe alluvial Parucito-Manapiare.

Ces savanes sont localisées sur les dépôts alluviaux du Manapiare et du Parucito; elles sont principalement orientées le long du Parucito NNE-SSO et sont nettement distinguables sur la photographie satellite NASA-LANDSAT-2080-13571, Fig.3. Elles se développent sur les unités physiographiques de plaines alluviales, de bourrelets de berge, de cuvettes ou de nappes de débordement. Suivant Hidalgo et al, 1977, les sols représentés sur ces unités physiographiques se répartissent pour la plupart dans l'ordre des Inceptisols (Typic et Histic Tropaquepts ° ou Sols peu évolués d'origine non climatique d'apport alluvial, hydromorphe à pseudogley sur matériau argilo-limoneux⁺) et des Ultisols (Tropaquults et Paleaquults ° ou Sols ferrugineux tropicaux lessivés, hydromorphes⁺). Ces savanes sont toutes plus ou moins inondables et les inondations durent de 3 à 8 mois pour les Tropaquepts et de 2 à 4 mois pour les Paleaquults.

Nous présentons ici les caractéristiques générales d'un profil de Paleaquult développé sur les alluvions argilo-limoneuses du Parucito. Il s'agit d'un sol inondé pendant approximativement 2 mois (août et septembre). La végétation est à base de grandes graminées (1,5m de haut en décembre) associée à des palmiers et autres espèces arbustives. Cette végétation est soumise au brûlis tous les ans.

Morphologie simplifiée du profil. (Hidalgo et al, 1977).

Horizons	Profondeur (cm)	Description
A1	0-15	Limoneux; brun grisâtre très foncé (10YR3/2); polyédrique subanguleuse modérée et moyenne; friable; faiblement adhésif et peu plastique, humide; racines fines; activité biologique forte; pores fréquents; pédotubules; fentes de 1cm de large à la superficie; transition graduelle, plane.
B21 t	15-26	Argilo-limoneux; brun jaunâtre (10YR5/4); taches jaune brunâtre (10YR6/8), fréquentes, moyennes; peu dur; friable; adhésif et plastique, humide; racines fines; pores fréquents; cutanes argileux; transition graduelle, plane.
B22 t	26-47	Argilo-limoneux; brun pale (10YR6/3); taches brun jaunâtre clair (10YR6/4) fréquentes, moyennes et nettes; prismatique forte et grande; cutanes argileux; fentes de 1cm de large; transition graduelle et plane.
B23 t	47-62	Argilo-limoneux; gris brunâtre clair (10YR6/2); taches brun jaunâtre (10YR5/6) fréquentes, moyennes et nettes; prismatique forte, grande; dur et ferme;

très adhésif et très plastique ; cutanes continus et épais; fentes de 1cm de large; transition graduelle, plane.

Bt/C 62-115 Argileux; brun pale (10YR6/3); taches rouge (10R4/6) fréquentes, moyennes nettes ; prismatique à tendance massive; dur; ferme; très adhésif et très plastique; fentes de 1cm; concrétions ferrugineuses (5mm); fréquentes.

34.1 - Caractéristiques physiques et chimiques.

Dans l'horizon A, les teneurs en sables totaux varient de 38 jusqu'à 55% ; dans les autres horizons de 5 à 20%. Les teneurs en limons sont assez élevées (10-45% en A, 40-55% en B et B/C. Les teneurs en argile sont de 15 à 30% en A 30 à 55% en B et B/C. La matière organique totale varie de 4 à 12% en A ; la moyenne pour ce type de sols est de 7% ; entre 25 et 40cm les valeurs oscillent entre 2 et 4% ; dans la partie inférieure du profil elle est de l'ordre de 0,3%.

Le pH varie de 4,5 à 5,5 dans les horizons supérieurs, diminue légèrement en B pour remonter en C. La capacité d'échange cationique varie de 16me/100g de sol en surface à 10-15me/100g dans les horizons B et B/C. Dans les horizons supérieurs, la moyenne des bases échangeables varie de 0,7 à 1 me/100g de sol et de 0,7 à 2 me/100g pour les horizons B et B/C. Le pourcentage de saturation en bases varie de 6,3% (horizon A) à 13,3% en profondeur. La composition minérale de ces argiles est : métahalloysite, montmorillonite, illite et quartz, gibbsite et goethite.

34.2 - Conséquences.

Ces sols alluviaux possèdent une texture argilo-limoneuse souvent fine, une structure prismatique généralement forte et grande en profondeur. Ils présentent des fentes de retrait de l'ordre du cm de large depuis la surface jusqu'à plus d'un mètre de profondeur; ce caractère étant lié à la nature minéralogique du matériau, la montmorillonite étant l'argile la mieux représentée (20 à 30%). La végétation de savane qu'ils supportent est brûlée tous les ans et les traces de ces immenses brûlis sont nettement observables sur la fig.3. Régulièrement inondées (2 à 8 mois) durant la saison des pluies, ces savanes aux sols de qualité chimique moyenne font l'objet d'une agriculture de subsistance, principalement à base de maïs et de manioc, dès que s'amorce la décrue des fleuves Parucito et Manapiare qui sont les exutoires naturels de la masse d'eau accumulée durant les précipitations. L'existence d'une période aride qui aurait sévit dans tout le sud du Venezuela environ 10.000 ans A.J.C et qui serait redevenue plus humide autour de 8.000 ans A.J.C est proposée par Fernandez et al, 1977 pour expliquer la présence de montmorillonite et d'halloysite dans ces dépôts alluviaux. Les observations pédo-géomorphologiques faites, Blanca-Neaux et al, 1977, vont dans le sens de l'existence de cette période sèche qui aurait conditionné la mise en place et l'évolution des formations superficielles dans le T.F. Amazonas. Il est vraisemblable qu'une telle période sèche ait pu favoriser l'établissement ou l'extension de savanes. Toutefois, il est de constater que les conditions édaphiques actuelles qu'elles présentent, liées aux alternances saisonnières annuelles et à l'action anthropique (large excès d'eau en hivernage, déficit hydrique et brûlis durant la saison sèche) suffisent à expliquer leur formation, leur maintien et leur extension actuelle au dépens de la forêt avoisinante. Les conditions de dessiccation très fortes durant la saison sèche provoquent également dans ces sols des phé-

nomènes de compactation des horizons de moyenne profondeur. Le fonctionnement hydrique est modifié dès que la couverture forestière est enlevée. L'orientation pédologique de ces sols vers les planosols, parfois à caractères solonetziques, semble déterminée par ces phénomènes.

34.3 - Végétation.

Les savanes et les "Morichales" des zones planes du complexe alluvial Parucito-Manapiare diffèrent notablement des savanes de la péneplaine d'érosion-altération (savanes arborées des collines), tant du point de vue de la physionomie que de la composition floristique. L'inventaire détaillé de la végétation de ces savanes inondables n'est actuellement pas terminé et les espèces reconnues ci-dessous l'ont été dans les secteurs limités aux environs immédiats de San Juan de Manapiare. (Huber, 0, 1978).

Espèces dominantes - Savanes et "Morichales" inondables.

Arborées :

Curatella americana ("chaparro")
 Myrtaceae (Eugenia, Psidium sp.)
Coccoloba sp.
Genipa sp.
Mauritia sp.
 Palmae div.sp.

Arbustives :

Helicteres sp.
Ludwigia sp.
 Compositae div.sp.
 Leguminosae div.sp.
 Sterculiaceae
 Malvaceae
 Solanaceae
 Rubiaceae
 Melastomataceae (Miconia, Clidemia).
Casearia sylvestris
 " arborea

Herbacées :

Sorghastrum parviflorum
Panicum junceum
Otachyrium versicolor
 Cyperaceae div.sp.
 Sterculiaceae (Byttneria)
 Turneraceae (Piriqueta)
 Rubiaceae
 Euphorbiaceae (Phyllanthus, Euphorbia)
 Leguminosae
 Scrophulariaceae
 Labiateae

Ensemble V.

3.5 - Les sols et la végétation de "savane" développés sur les hauts plateaux gréseux ou "Tepuyes" de la formation Roraima.

Les hauts plateaux gréseux et quartzitiques de la formation du Roraima (antécambrien) ou "Tepuyes", dominant tout le paysage du sud du Venezuela et se répartissent sous forme "d'îlots continentaux" isolés les uns des autres. Dans le T.F. Amazonas, les principaux "Tepuyes" observés sont : le "cerro Sipapo", le "cerro Autana", le Yapacana, le "cerro Moriche", le "cerro Morrocoy", le Yavi, le Yutaje, le "cerro Paru", le "cerro Duida", le Marahuaca, le "cerro Avispa" et le "cerro Neblina". Les altitudes varient de 1.640m (Autana) à 2.840m (Neblina). A l'est du "cerro Paru", dans l'état du Bolivar, se présentent les trois plaques les mieux étudiées jusqu'ici tant du point de vue de la géomorphologie que celui de la flore ; ce sont les "mesetas de Jaua Guanacoco et Sarisarinama" (Cardona et al, 1973).

Sur tous ces hauts plateaux se développent des ouvertures de "savanes apparentes" sur les produits d'altération et de désagrégation des grès, quartzites ou conglomérats ; les sols observés sont des Entisols et appartiennent dans la majorité des cas au sous ordre des Psamments et au groupe des Quartzipsamments, sous groupe des Aquic Quartzipsamments ° (Sols minéraux bruts d'origine non climatique régique, sur matériau d'érosion des grès⁺). Sur les affleurements de roches profondément entaillés par un réseau de diaclases, plus ou moins serré, faisant penser aux lapiez des karst calcaires, une maigre végétation rase, herbacée et arbustive s'établit. Les sols ~~xxx~~ qui y sont associés sont des sols minéraux bruts, d'érosion, lithiques ; ils appartiennent au sous ordre des Orthents, au groupe des Lithic Troprothents. Les quartzipsamments observés sur les produits d'altération quartzeux des grès ont été décrits lors de la présentation de l'unité de plaine d'érosion. Nous résumons ici les caractéristiques morphologiques des "sols" développés sur les affleurements de grès, de conglomérats ou d'éboulis des "Tepuyes" ; (Lithic Troprothents) ° Sols minéraux bruts d'érosion, lithiques sur grès.

Le profil se réduit à :

- Un horizon A plus ou moins discernable, très peu humifère.
- Un horizon A/C, à sable quartzeux, blanc.
- La roche mère gréseuse sous jacente apparaissant vers 30 centimètres de profondeur.

35.1 - Caractéristiques morphologiques, physico-chimiques et conséquences.

Ces sols, du fait de la proximité d'une roche compacte à faible profondeur sont complètement imperméables et se couvrent après chaque pluie d'une mince pellicule d'eau circulante. Couverts d'une végétation rase, l'eau mobilisée par les fortes pentes du milieu entraîne immédiatement les fractions organiques déposées à la surface d'un sol extrêmement pauvre. Le lessivage et l'appauvrissement de ce matériau de départ grossier et quartzeux, très fortement désaturé, se poursuit durant la saison des pluies. En saison sèche, il y a assèchement complet de la mince couverture quartzeuse (30cm) d'altération de la roche. Cette végétation peut brûler également durant les périodes sèches ; ce furent les cas du "cerro Moriche" et du "cerro Morrocoy" en mars 1978.

En conséquence, les formations végétales de savanes apparentes, rases, arbustives et herbacées observées sur les produits d'al-

tération quartzeux (Psamments) - des grès, quartzites et conglomérats des "Tepuyes" sont édaphiques. Elles sont conditionnées, comme dans le cas de la plaine d'érosion, en plus de leur très grande pauvreté chimique, par les conditions de drainage et du bilan hydrique au cours des alternances saisonnières.

Sur les affleurements gréseux, conglomératiques et quartzitiques proprement dit, les formations végétales de savanes arbustives et basses qui sont observées sont liées aux caractéristiques hydriques extrêmement défavorables des sols (Orthents) qui s'y développent ; elles sont également édaphiques. La forêt se concentre remarquablement sur ces "Tepuyes" le long de certaines cassures ou de larges diaclases jouant le rôle de pièges naturels aux sédiments issus de la désagrégation des roches ou de la décomposition des végétaux, favorisant une capacité de rétention en eau relativement moins mauvaise. Ces forêts se localisent également le long de certains affleurements ou d'intrusions de nature géologique différente (très fréquemment granitique) qui imprègnent dans certains cas les formations sédimentaires gréseuses du Roraima (cas du "cerro Paru").

35.2 - Végétation.

Sur la "meseta de Jaua" (Fig.9), les secteurs de savanes apparentes où furent déterminées les espèces (Steyermark, 1973) montrent que chaque site a une composition différente dans la flore. Relativement peu d'espèces sont communes aux différents lieux d'observations ; toutefois parmi les espèces les plus communes on peut citer :

Brocchinia hechtioides, Everardia montana subsp. Glaucifolia ; Xyris bicephala et Xyris frondosa ; Nietneria corymbosa ; Stegolepis jauaensis ; Zygosepalum tatei ; Cleites rosea ; Utricularia humboldtii ; Utricularia amethystina.

Dans les secteurs de savanes ouvertes où affleurent les blocs de grès, les espèces les plus fréquentes qui furent rencontrées sont les suivantes :

Arbustives :

Psychotria phelpsiana (arbuste de 2,5m)
Raveniopsis capitata (" de 0,5 à 0,7m)
Oyeda blakeana (" de 2,5m)
Phyllanthus jauaensis (" de 0,5 à 1m)
Iedothamnus sp. (0,2 - 0,5 m)
Tibouchina duidae (0,2 - 0,3 m)

Herbacées :

Brocchinia hechtioides (dominante et donnant une couleur vert jaunâtre au paysage).

Selaginella vernicosa
Hemitelia platylepis
Everardia montana susp. glaucifolia
Zygosepalum tatei
Navia incrassata
Brocchinia melanacra
Stegolepis jauaensis
Xyris frondosa

Résultats, discussions et conclusions.

- Les fluctuations climatiques du quaternaire.

Il est aujourd'hui admis, comme l'ont signalé divers auteurs, Zonneveld, 1968; Bigarella, Mousinho et DaSilva, 1969; Tricart, 1974 Journaux, 1975; Fernandez et al, 1977; Blancaneaux et al, 1977, que le climat fut beaucoup plus sec dans tout le sud du Venezuela et dans d'autres régions d'Amérique Latine il y a quelques 10.000 ans A.J.C. Le retour à une période plus humide se serait amorcé 8.000 ans environ A.J.C. Certains auteurs (Eden, 1974) ont attribué l'origine de ces savanes aux conditions d'aridité qui régnaient à cette époque.

S'il paraît vraisemblable de supposer qu'une telle période de sécheresse ait pu contribuer à favoriser l'établissement de formations végétales de savanes, il paraissait surprenant que le retour aux conditions d'humidité plus fortes n'ait pas permis en plus de 8.000 ans, à la forêt de reprendre ses droits et il nous est difficile de concevoir que ces savanes puissent être considérées exclusivement comme des reliques de zones beaucoup plus étendues durant cette période sèche.

- Les variations saisonnières actuelles et leurs conséquences.

Pour les différents types de savanes réparties suivant les unités pédo-géomorphologiques présentées lors de cette étude, nous avons mis l'accent sur l'importance du contraste saisonnier au cours de l'année et sur les conséquences qui en découlent principalement sur le fonctionnement hydrique des sols. Deux cas majeurs sont à considérer dans le sud du Venezuela, suivant la nature granulométrique du matériau considéré :

1/ Cas des savanes développées sur un matériau exagérément sableux (quartz) d'origine granitique ou gréseux.

Les savanes de ce type se développent sur les sols des unités de glacis sableux (ensemble I), de plaine d'érosion (ensemble II) et des produits d'altération des "Tepuyes" (ensemble V).

Les sols appartiennent généralement à l'ordre des Entisols (Psamments). Ils se caractérisent, en fonction de l'alternance saisonnière par un large excès d'eau en hivernage et un déficit hydrique très marqué, conséquence de la très faible capacité de rétention en eau, durant la saison sèche. La pédogénèse actuelle joue dans le sens de l'appauvrissement, du lessivage et de la lixiviation intense de ces sols. Dans certains cas apparaissent des intergrades podzoliques. Dans le cas de la plaine d'érosion, les conditions de drainage externe très médiocres, la mauvaise perméabilité et la diminution de porosité interne des profils du au morcellement répété des quartz, conduisent soit à une inondation temporaire de surface, soit à une hydromorphie secondaire temporaire de profondeur. Dans les deux cas, durant la saison sèche, le point de flétrissement des végétaux (pF 4,2) est dépassé ; ces savanes sont alors soumises au brûlis.

2/ Cas des savanes développées sur les matériaux sablo-argileux, argileux ou argilo-limoneux.

Les savanes de ce type se développent soit sur les sols des unités de pénéplaine d'érosion-altération (ensemble III), soit sur le complexe alluvial Parucito-Manapiare (ensemble IV).

Dans les deux cas, les conséquences de l'alternance saison-

nière sont particulièrement nettes sur les sols. Nous les résumons en disant qu'après la déforestation du milieu, la pédogénèse va jouer dans le sens d'une modification très importante du fonctionnement hydrique des sols. Dans le cas des savanes non inondables (Cacuri, Parí etc..), les sols subissent un phénomène de dessiccation extrêmement poussé des horizons subsuperficiels au cours de la saison sèche. Le point de flétrissement est dépassé; la formation d'horizons compacts, massifs et casi imperméables se développe par dégradation de la microstructure du sol au fur et à mesure de la disparition de la couverture forestière qui freinait l'assèchement extrême des horizons subsuperficiels. La formation et la mise en affleurements de nodules ferrugineux indurés, voire de blocs de carapace dans certains cas est à lier à ce phénomène de compactation interne du profil et corrélativement à la diminution de sa perméabilité et porosité. L'existence d'une hydromorphie secondaire de moyenne profondeur se généralise et a été observée dans tous les profils de sols examinés sur ces formations.

Une fois la forêt détruite, les processus d'évolution pédologiques vont s'autocatalyser. L'équilibre Sol-Eau-Végétation établi à l'abri et grâce à cette dernière est rompu; le fonctionnement hydrique du sol se modifie peu à peu. Il n'est pas exagéré de dire que le sol s'auto-détruit et que les formations végétales qu'il supporte, de ce point de vue, doivent être considérées comme une phase transitoire d'adaptation et de survie. Le brûlis auquel ces savanes sont soumises chaque année donne lieu à une érosion éolienne et hydrique très forte; les particules fines ainsi que les cendres végétales déposées à la surface du sol sont plus ou moins rapidement entraînées. Les sols apparaissent souvent jonchés de concrétions ferrugineuses patinées reposant sur des horizons durcis, extrêmement compacts et massifs. (savanes a"RIPIO")

Dans le cas des savanes développées sur le complexe alluvial du Parucito-Manapiare, la nature minéralogique du matériau conduit à une structure un peu différente bien que le processus d'évolution pédologique qui la conditionne soit le même. Dans le cas de moindre inondation, de drainage relativement meilleur suivant la position topographique, là où les formations de savanes se sont établies au fur et à mesure du défrichement et des feux, on assiste également durant la saison sèche au flétrissement de la végétation. La nature de l'argile présente dans le matériau (montmorillonite) implique la présence de fentes de retrait de plus d'un cm de large jusqu'à plus d'un mètre de profondeur. Le brûlis répété, les conditions de très forte dessiccation des horizons subsuperficiels durant la saison sèche conduisent à la compactation des horizons B. Certains de ces sols présentent des caractères de Solonetz. Dans les conditions d'alternance des saisons fortement contrastées existantes, l'orientation pédologique de ces sols vers les Planosols semble déterminée par la déforestation.

En conclusion, les observations faites sur les différentes savanes présentes dans le sud du Venezuela ont toutes clairement indiquées le rôle prépondérant de l'homme dans l'évolution des sols qui les supportent et consécutivement les conditionnent. Les modifications dans le fonctionnement hydrique de ces sols après la défriche et sous l'influence du contraste saisonnier marqué régnant actuellement dans cette région, provoquent l'irréversibilité du phénomène qui semble s'autocatalyser à mesure qu'il évolue. Le retour naturel à la forêt dans la plupart des cas est fortement compromis, voire exclu. Les savanes couvrent approximativement 20.000 km² dans le T.F. Amazons soit environ 12% de la superficie totale du territoire*. En comparaison avec la forêt qui, avec les cours d'eau, occupe pratiquement le pourcentage restant, le chiffre peut paraître peu significatif. Toutefois il faut considérer deux aspects très importants; le premier est que l'homme, non indigène, l'immigrant des régions voisines qui

est vient dans le sud a tendance à s'établir dans les zones ouvertes de savanes, parce cela lui résulte plus économique ; la pression démographique dans les zones de savanes se fait chaque jour plus forte ; en second lieu, l'homme essaye d'introduire le bétail et les premières études réalisées (Bulla, 1978) dans les savanes du sud montrent que la production de matière végétale sèche par hectare et par an dans les conditions naturelles est extrêmement basse; elle varie de 1,5 à 2,5 tonnes /ha/an; à titre de comparaison, dans les savanes de l'Apure (Llanos) ces valeurs varient dans les mêmes conditions d'exploitation naturelles de 4 à 8 T/ha/an, suivant qu'il s'agisse de savanes situées sur les levées, les bas-fonds ou les estuaires.

Ces raisons devraient inciter à ce que toutes les opérations de défrichement ou de mise en cultures de certains de ces sols, qui risquent de favoriser la dessiccation extrême des horizons subsuperficiels et déclencher la déstabilisation de la structure interne de ces derniers, et consécutivement entraîner une modification de leur fonctionnement hydrique, soient très soigneusement contrôlés.

Dans les conditions climatiques actuelles du sud du Venezuela, le sol et la forêt sont en équilibre instables avec le milieu ; ils ne résistent pas à l'action destructrice de l'homme. Ce dernier est à l'origine de leur "évolution régressive" et détruit définitivement l'équilibre Sol-Eau-Forêt en faveur de la savane.

BIBLIOGRAPHIE.

- Aubert (G.), 1950.- Observations sur la désagrégation des sols et la formation de la cuirasse latéritique dans le N-O du Dahomey (IV congrès intern.Sc. du sol.Amsterdam, III.p 127-128.
- Aubert (G.), 1965.- Classification des sols.Tableaux des classes, sous classes, groupes et sous-groupes de sols utilisés par la section de pédologie de l'ORSTOM (1965). Cah.ORSTOM, sér.Pédol., vol.III, fasc.3, pp269-288.
- Beard (J.S.), 1953.- The savanna vegetation of northern tropical America.Ecol.Monogr.23, 149-215.
- Bigarella (J.J), Mousinho (M.R.), Da Silva (J.X.), 1969.- Processes and environments of the Brazilian quaternary.The Periglacial environment.(Ed. by T.L.Pewé., pp 417-487.Mc Gill-Queen's University Press, Montreal
- Blancaneaux (Ph.), 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, sér.Pédol., vol.XI, n°2, pp 121-153.
- Blancaneaux (Ph.), Pouyllau (M.), Hernandez (S.), Araujo (J.), 1976.- Estudio pedogeomorfologico sobre las formaciones graníticas de la region de Puerto Ayacucho, Territorio Federal Amazonas, Venezuela. Com.IV congr.Venez.Ciencia del suelo.Maturin, Vzla.
- Blancaneaux (Ph.), Pouyllau (M.), 1977.- Formes d'altération pseudokarstiques en relation avec la géomorphologie des granites précambriens du type Rapakivi dans le Territoire Federal de l'Amazonie, Venezuela. Cah.ORSTOM, sér.Pédol., vol.XV, n°2, pp 131-142.
- Blancaneaux (Ph.), Pouyllau (M.), 1977.- Les relations pédogéomorphologiques sur la retombée nord occidentale du massif guyanais.1 ère partie : Les concepts et les définitions. Cah.ORSTOM, sér.Pédol., vol.XV, n°4, pp 95-106.
- Blancaneaux (Ph.), Araujo (J.), Hernandez (S.), 1977.- Estudio edafologico preliminar del sector Puerto Ayacucho, Territorio Federal Amazonas, Venezuela. (mapas de suelos y de capacidad de uso a 1/100.000). MARNR.DGIIA., Div.de suelos.Caracas, Vzla.
- Blancaneaux (Ph.), Araujo (J.), Pouyllau (M.), Blanco (B.), 1978.- Estudio edafologico preliminar al 1/125.000 del sector Asita-Cacuri-Paru (Alto Ventuari), Territorio Federal Amazonas, Venezuela. MARNR.DGIIA.Div.de suelos.Caracas, Vzla.
- Bulla (L.), 1978.- Todavía son sabanas con valores sumamente bajos. in. Ambiente., n°11, abril-mayo, 1978.MARNR.Caracas.
- Cardona (P.F.), Steyermark (J.), Dunsterville (G.C.K.), Wurdark (A.), Bremer-Carias (C.).-1973.- Mesetas de Jáua, Guanacoco y Sarisarinama. Sociedad Venezolana de Cs.Nat.Supl.bol., n°127, tomo XXX, Caracas, Vzla.
- Chauvel (A.), 1976.- Recherches sur la transformation des sols ferrallitiques dans la zone tropicale à saisons contrastées.Evolution et réorganisation des sols rouges en moyenne casamance.Thèse Sci.Strasbourg CNRS A.O. 12803, 495 pages.

- Chauvel (A.), Pedro (G.), 1978.-
Sur l'importance de l'extrême dessiccation des sols (ultra-dessiccation) dans l'évolution pédologique des zones tropicales à saisons contrastées. C.R.Acad.Sc.Paris, t.286., sér.D, 1581-1584.
- Cole (M.M.), 1960.- Cerrado, caatinga and platanal. The distribution and origin of the savanna vegetation of Brazil. Geogr.J. 126, 168-179.
- Conceicao (T.M.L.), Moniz (A.C.), Oliveira (J.J.), Siefferman (G.), 1974.- Les sols à montmorillonite sur gneiss de la zone tropicale humide de l'état de Bahia. Signification Paléoclimatique. Cah.ORSTOM, sér.Pédol., vol.XII, n°2, pp 137-143.
- Donselaar (J.V.), 1965.- The vegetation of Suriname. Vol IV. An Ecological and phytogeographic study of Northern Surinam Savannas. (Ed.by Lanjouw & P.J.D. Versteegh). Van Eedenfonds, Amsterdam.
- Dubroeuq (D.), Hermoso (F.), 1978.- Estudio de suelos preliminar al 1/125.000 de Santa Barbara, Territorio Federal Amazonas, Venezuela. Mapas de suelos y de capacidad de uso. MARNR.DGIIA.Div.de suelos.Caracas,Vzla.
- Duchaufour (Ph.), 1965.- Précis de Pédologie. Masson & Cie, Editeurs.Paris.
- Ducke (A.), Black (G.A.), 1953.- Phytogeological notes of the Brazilian Amazon. Anais Acad.Bras.Cienc. 25, 1-46.
- Eden (M.J.), 1974.- Paleoclimatic influences and the development of savannas in southern Venezuela. Journal of Biogeogr. 1974, 1, 95-109.
- Erhart (H.), 1935.- Traité de Pédologie. I. Inst.Pédologique, Strasbourg.
- Fernandez (O.), Hidalgo (R.), Siefferman (G.), 1977.- Presencia de halloysita y de montmorillonita en suelos de la zona tropical humeda cercana de San Juan de Manapiare, Territorio Federal Amazonas, Venezuela. Com.IV Congr.Venezol.Cienc.del suelo.Maturin, Vzla.
- Gavaud (M.).-1978. Comm.personnelles.
- Gheerbrant (A.), 1952.- L'expédition Orénoque-Amazone. Gallimard., 437pages, Paris.
- Hidalgo (R.), Fernandez (O.), Siefferman (G.), 1977.- Estudio de suelos preliminar, sector San Juan de Manapiare, T.F.Amazonas, Venezuela. (Mapas de suelos y de capacidad de uso). MARNR.DGIIA.Div. de suelos.Caracas,Vzla.
- Hitchcock (C.B.), 1948.- La region Orinoco-Ventuari.Venezuela. Bol.Soc.Venezol.Cs.Nat. 72, 131-141.
- Huber (U.), 1978.- Comm.personnelles.
- Humbel (F.X.), 1976.- L'espace poral des sols ferrallitiques au Cameroun. Caractéristiques et comportement en relation avec les régimes hydriques et les bioclimats. Trav.et Doc. de l'ORSTOM, n°54, 306p. Paris.
- Humboldt (A.de), 1819.- Voyage aux Régions Equinoxiales du Nouveau Continent fait en 1799-1804 par A.de Humboldt et A. Bonpland. Mâze.Paris.
- Journaux (A.), 1975.- Recherches géomorphologiques en Amazonie Brésilienne. CNRS.Centre de Geomorph.de Caen., bul.sem.n°20.

- Klinge (H.K.), 1968.- Report on Tropical Podzols.
F.A.O., Rome, IV, 88p.
- Leneuf (N.), 1959.- L'altération des granites calco-alcalins et des grano-diorites en Côte d'Ivoire forestière, et les sols qui en sont dérivés.
Thèse en Sci. ORSTOM, 210 pages., Paris.
- Maignien (R.), 1954.- Les sols subarides en A.O.F.
C.R. du Vème congr. intern. Sc du sol, Léopoldville, IV, p. 23-27.
- Maignien (R.), 1958.- Contribution à l'étude du cuirassement des sols en Guinée française. Thèse, Fac. Sc. Strasbourg, 311p.
- Sauer (C.D.), 1958.- Man in the ecology of Tropical America.
Proc. 9th Pacific Sci. Congr. Bangkok, 20, 104-110.
- Segalen (P.), 1969.- Le remaniement des sols et la mise en place de la "stone-line" en Afrique.
Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol. VII, n° 1, pp 113-127.
- Steegmayer (P.L.), 1976.- An integrated approach of land evaluation using air-photo-interpretation as a base for a systematic soil survey of the Amazon Territory-Venezuela. Thesis subm. to State Univ. Gent. Belgium.
- Tricart (J.), 1969.- Les études Françaises sur le quaternaire Sud Américain. in Etudes Françaises sur le quaternaire. VII congr. int. INQUA, Paris, sup. bul. AFEQ, 276p., 6 ph, n° 17, pp 251-284.
- Tricart (J.), 1974.- Existence de périodes sèches au quaternaire en Amazonie et dans les régions voisines. Rev., Geom. Dynam. XXIII année., n° 4, pp 145-158.
- Turenne (J.F.), 1977.- Modes d'humification et différenciation podzolique dans deux toposéquences guyanaises.
Mém. ORSTOM, n° 04. Paris.
- USDA, Soil Taxonomy, 1974, Washington D.C.
- Zonneveld (J.L.S.), 1968.- Quaternary climatic changes in the Caribbean and South America.
Elzeitalter Gegenw. 10, 203-208.

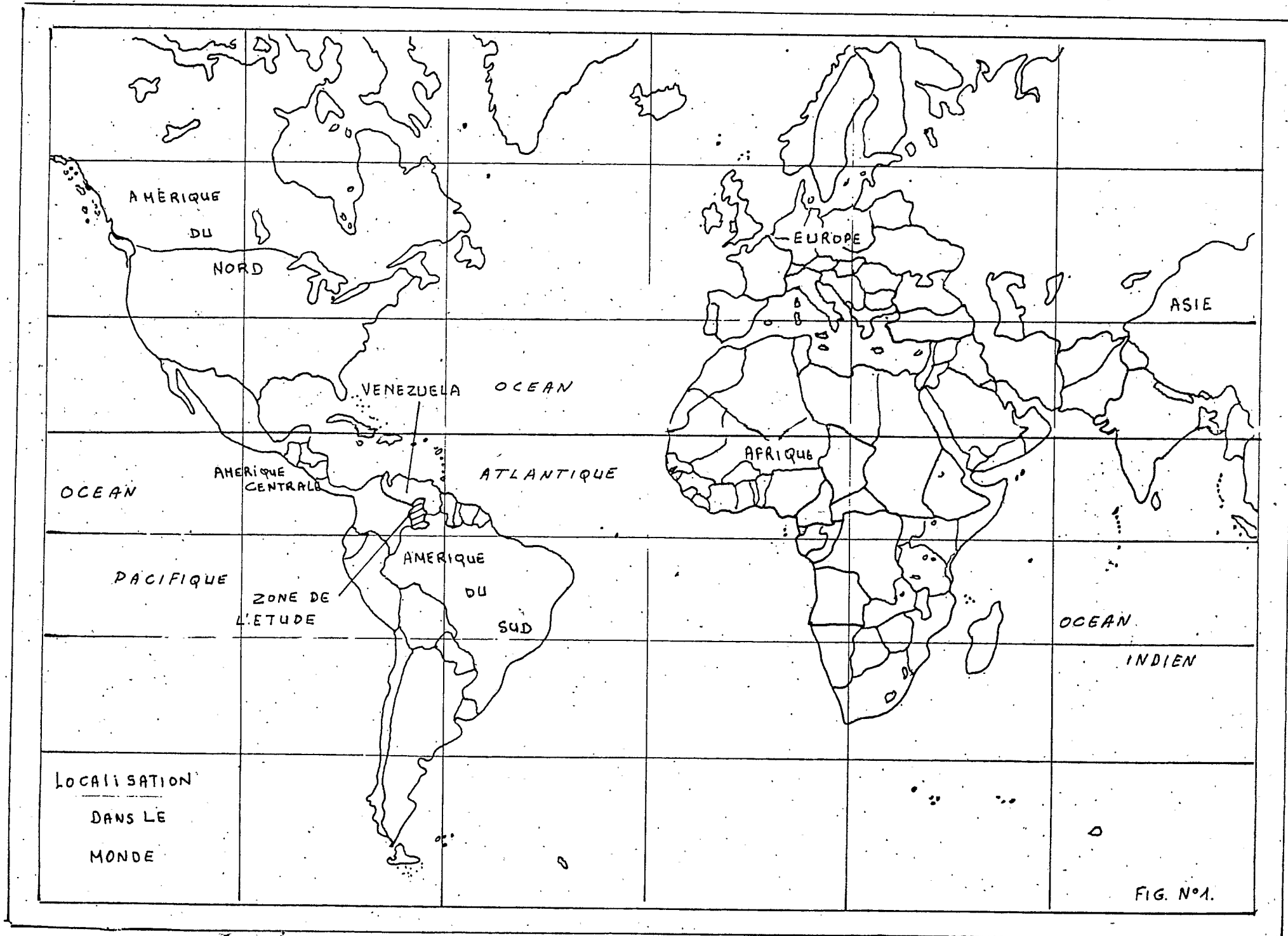
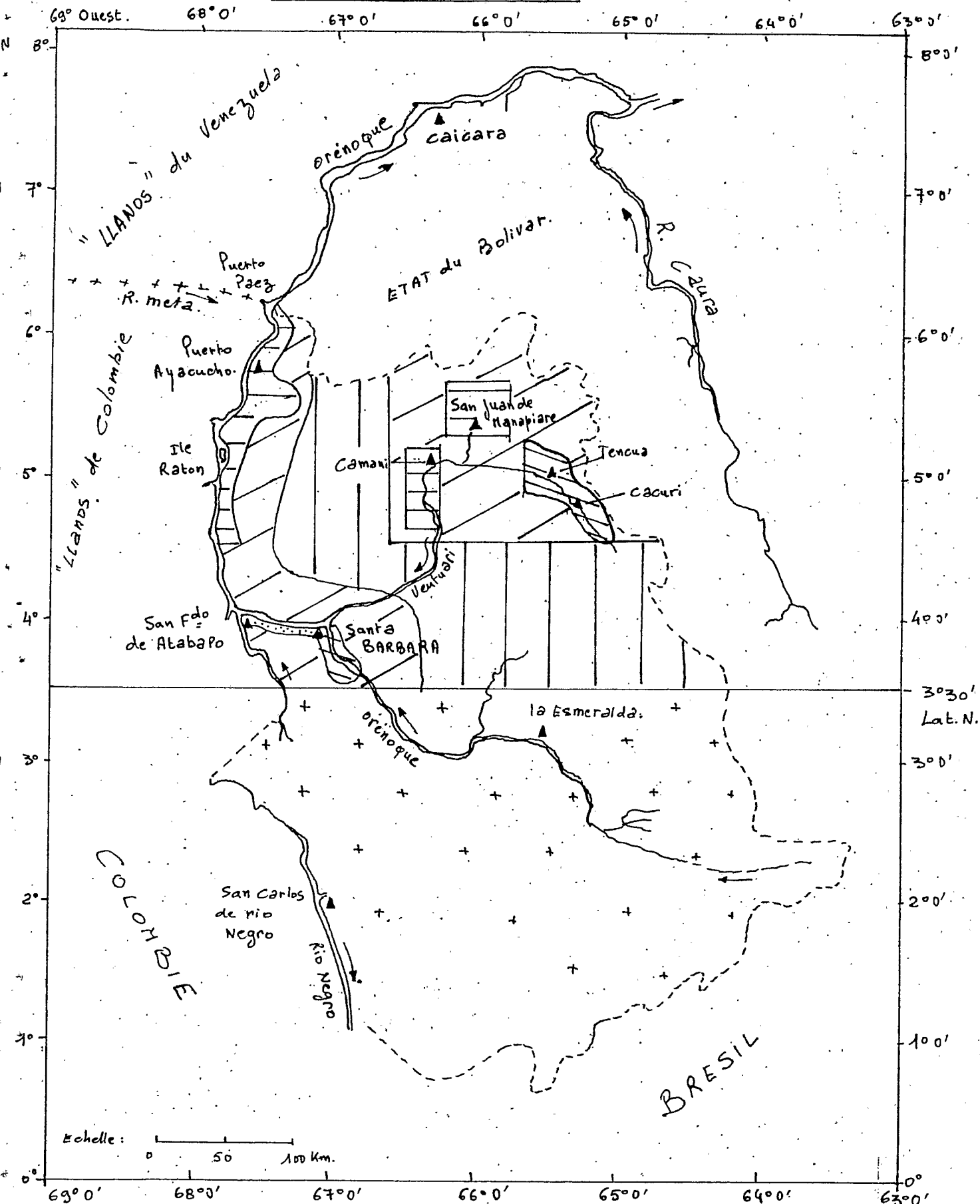


Fig N° 2. Etat d'avancement des levés de sols dans le sud du Venezuela.

TERritoIRE FEDERAL AMAZONAS.



Echelle: 0 50 100 Km.

légende:



levé en 1972. 1/100.000



levés en 1976. 1/50.000 et 1/100.000



levés en 1977-1978 à 1/125.000



Extrapolé avec vérification au sol en 1978. 1/250.000.



A extrapoler après vérification au sol 1/250.000 - 1978-1979.



à compléter en 1978-1979.

SÉLIEUR PARUCITO-MANAPIARE.

Interprétation d'image satellite

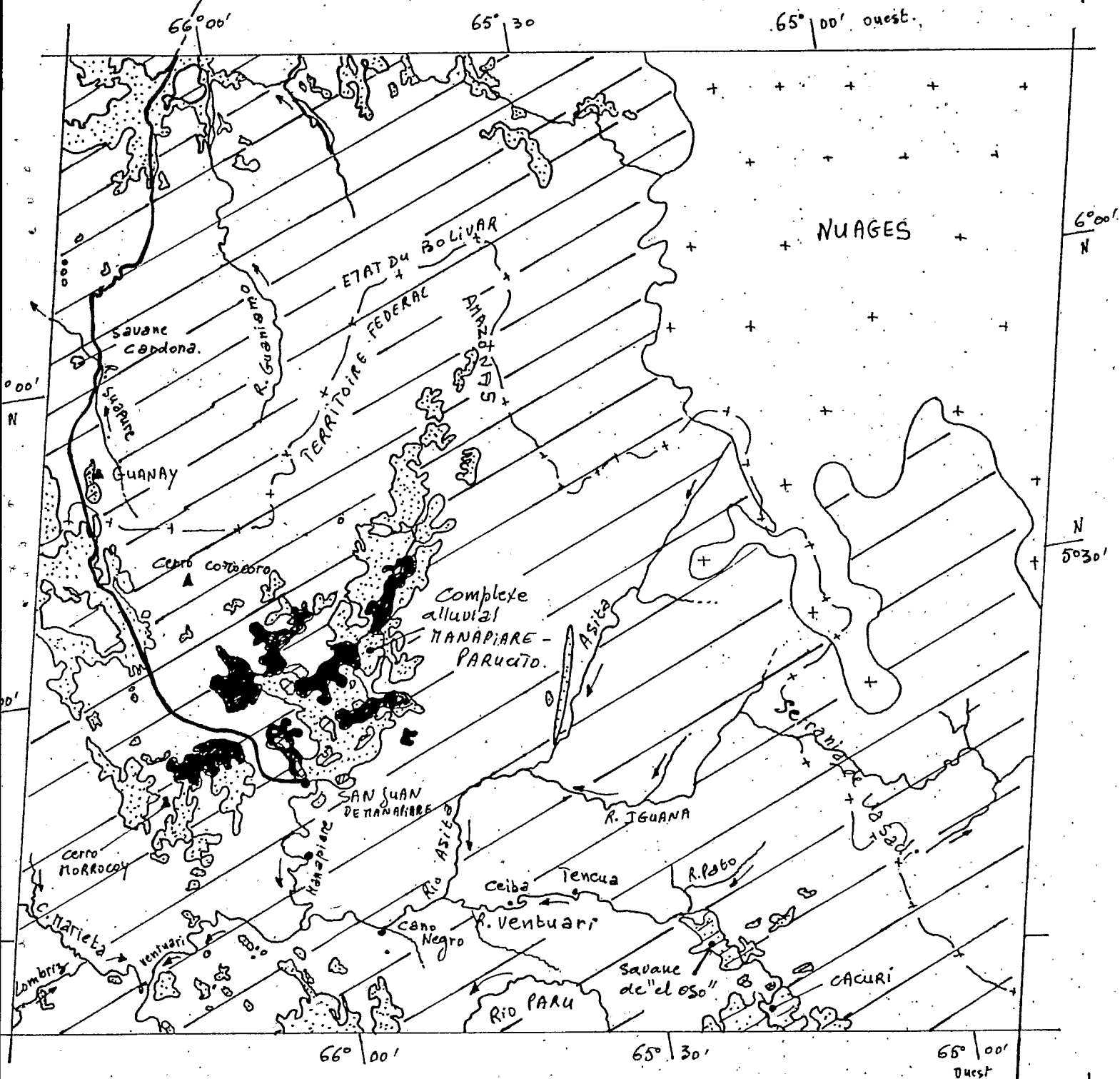
119.3

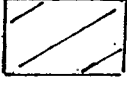
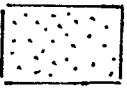
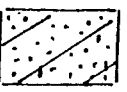
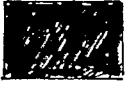
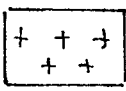
Principales savanes.

Nasa-Landsat du 12 avril 1975. (2080-13571).

Composition de couleurs; canaux 4,5,7.

Route Sanjuan de Manapiare -
Caicara del Orinoco.



-  Forêt
-  Savanes inondables
plaine d'érosion et complexe
alluvial Manapiare-Parucito
-  Savanes peu ou pas
inondables. péninsule
d'érosion-altération.
-  Savanes inondables
et brûlées
-  Nuages

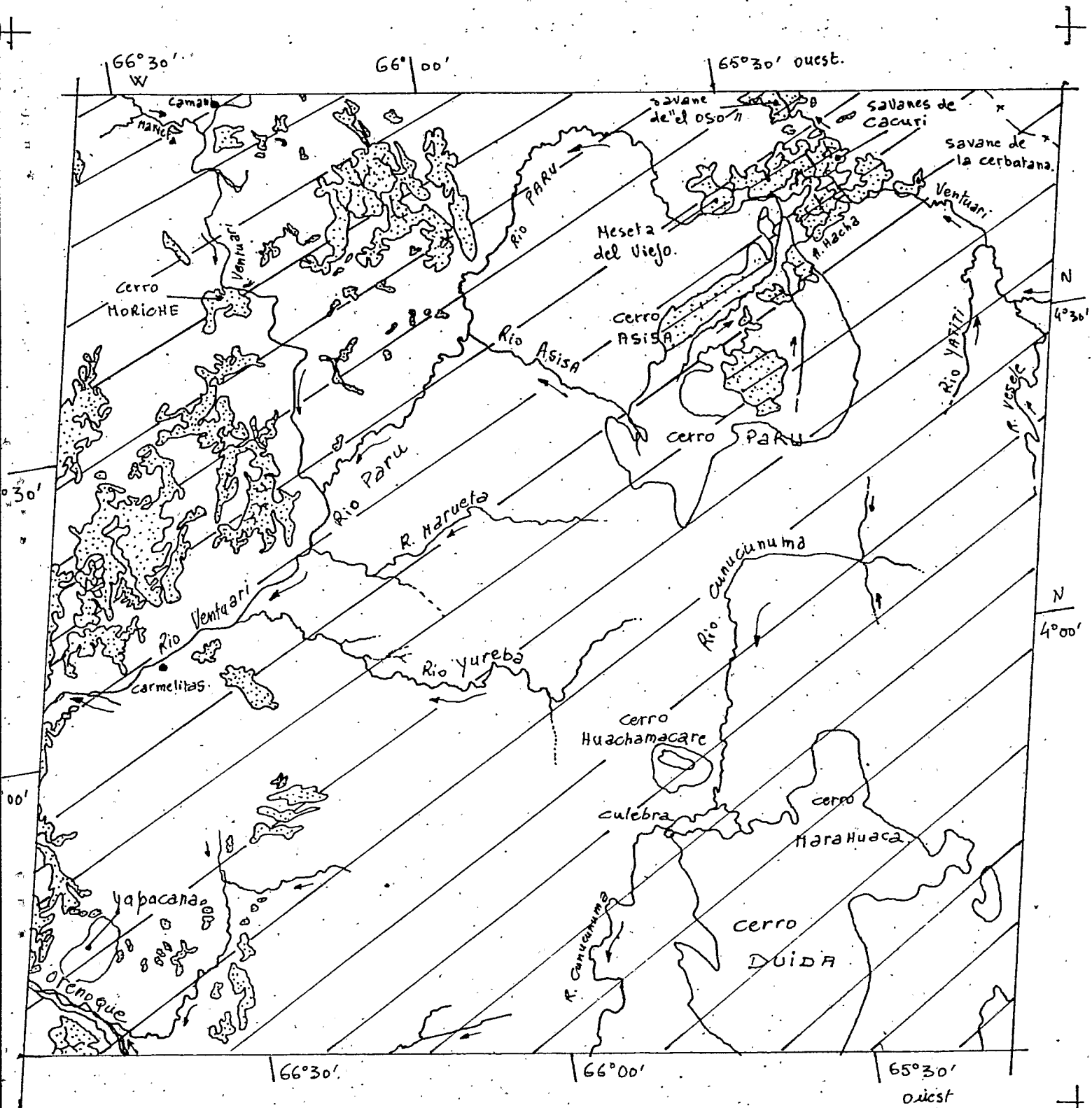
Philippe BLANCANEUX
CARACAS juillet 1978.

Echelle: 1/1.000.000.

Interprétation d'image de satellite Nasa-Landsat.

2080-13574 du 12 Avril 1975.

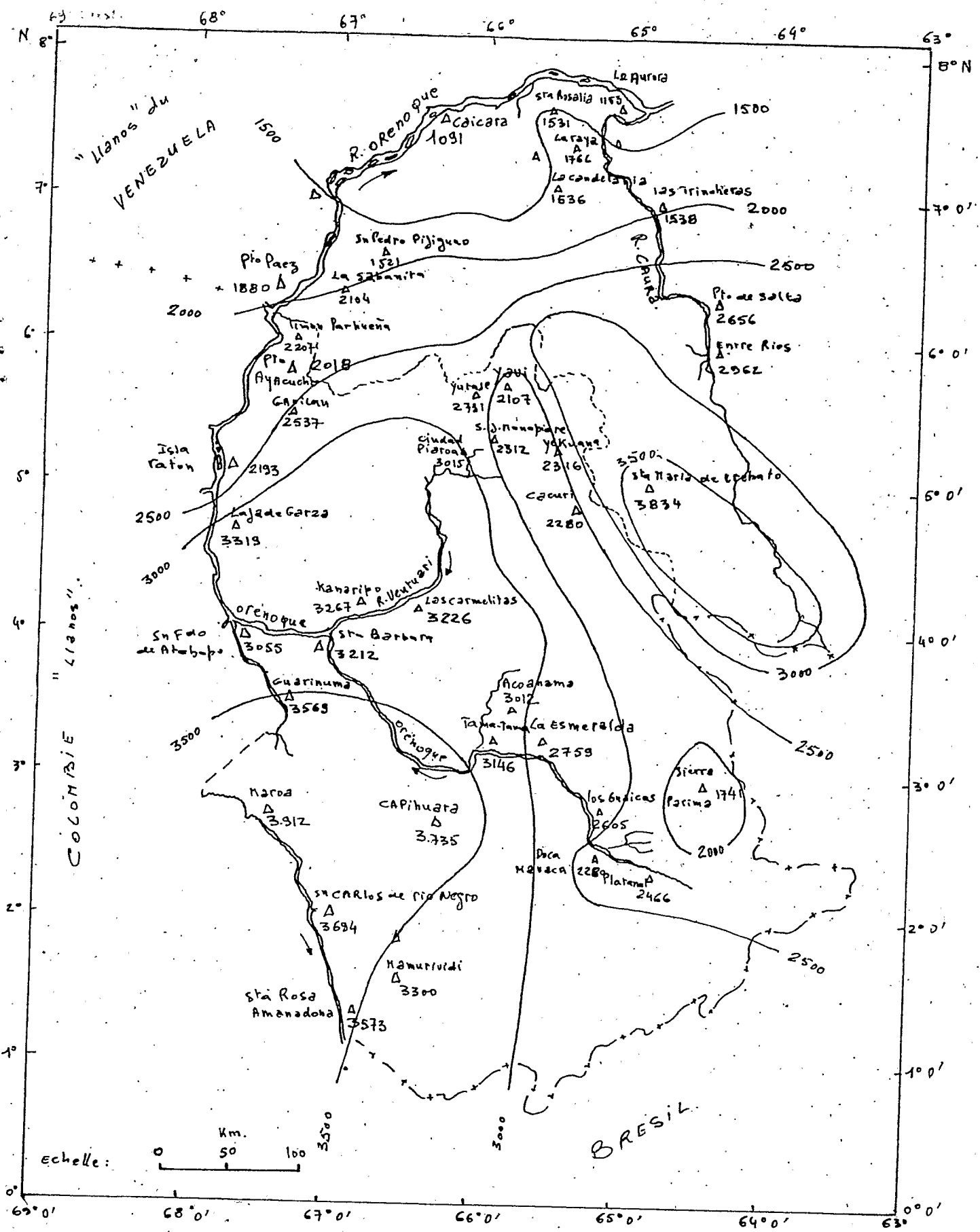
Composition de couleur canaux 4-5-7.



Voir légende fig. 3.

Ph. Blancaneaux

Caracas, juillet 1978.



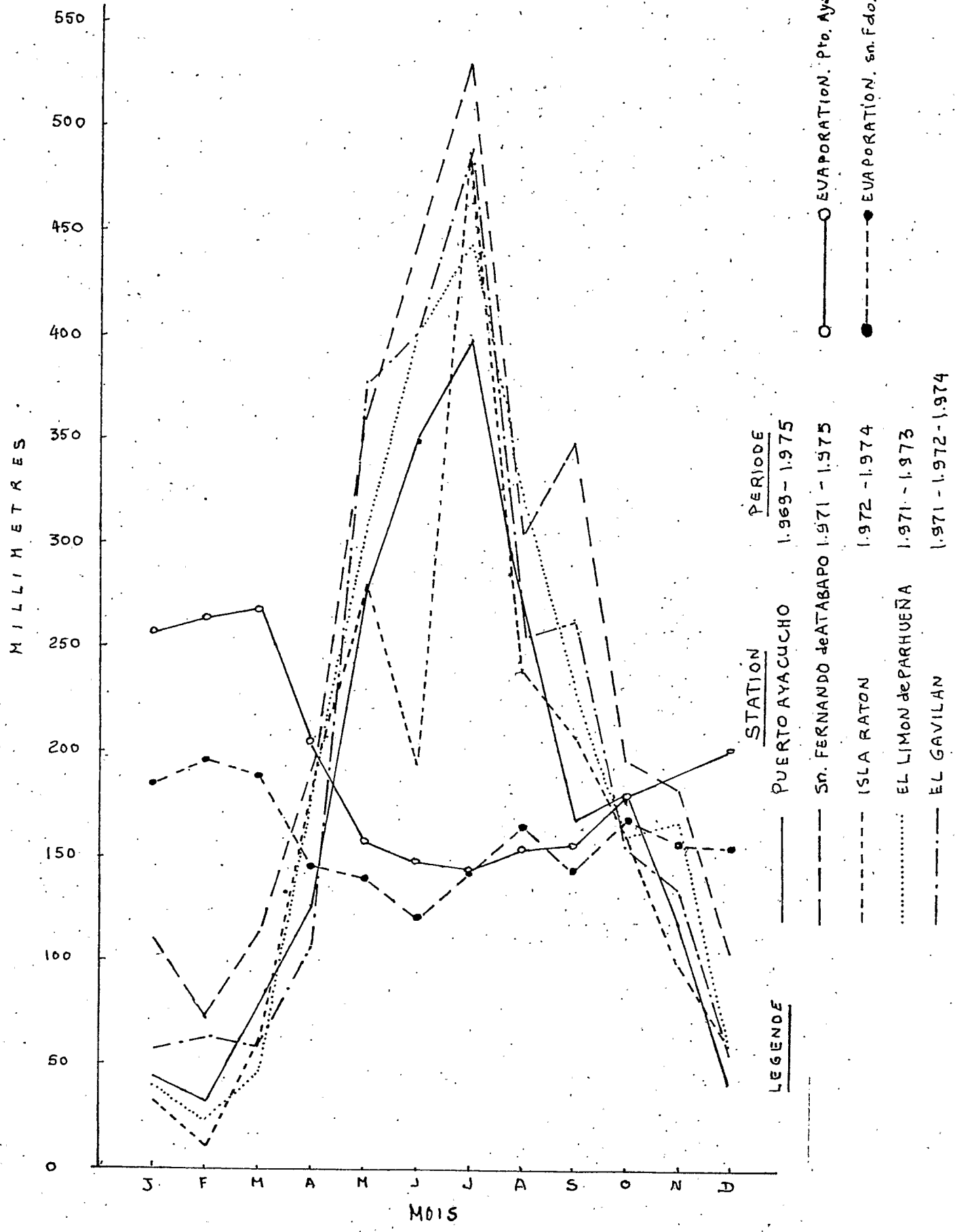
ISOHYETES MOYENNES ANNUELLES (mm) du T.F. Amazonas.
PERIODE 1971-1974

Source. MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
DIRECCION GENERAL DE RECURSOS HIDRAULICOS
Republica de Venezuela.
Division de edafologia.

Fig. 5.

PRECIPITATION MOYENNE EN 5 STATIONS
 EN RELATION AVEC L'EVAPORATION

d'après BLANCANEUX et al, 1977.



BILAN HYDRIQUE (m.m).

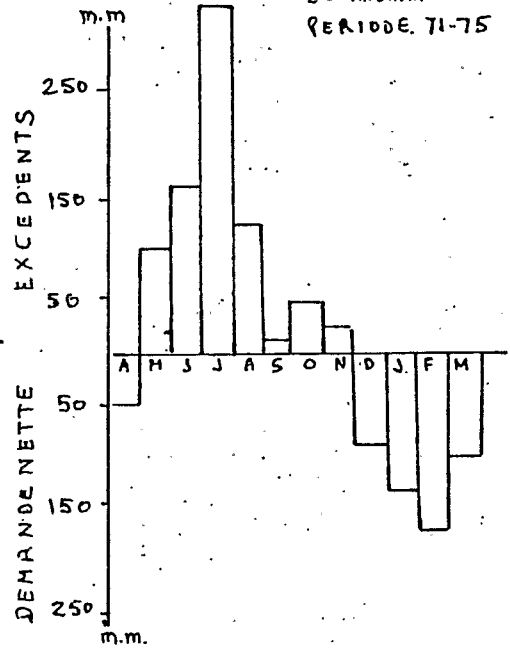
STATION Pto. AYACUCHO

5°40' Lat. N

67°36' Long. O.

55 m.s.n.m.

PERIODE. 71-75



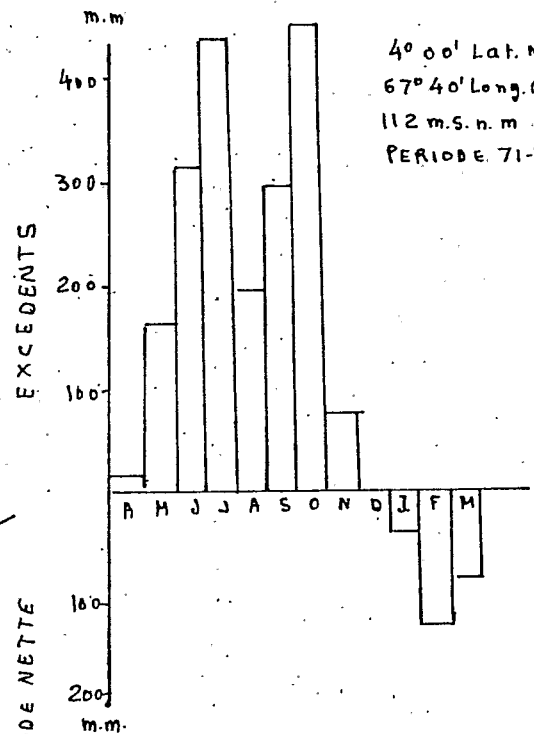
STATION S^a Fdo. de ATABAPO

4°00' Lat. N

67°40' Long. O.

112 m.s.n.m.

PERIODE. 71-75



Source: Ministerio Obras Públicas
 Dirección General de Recursos
 Hidráulicos
 Dirección de Información Básica.
 División de Hidrología.

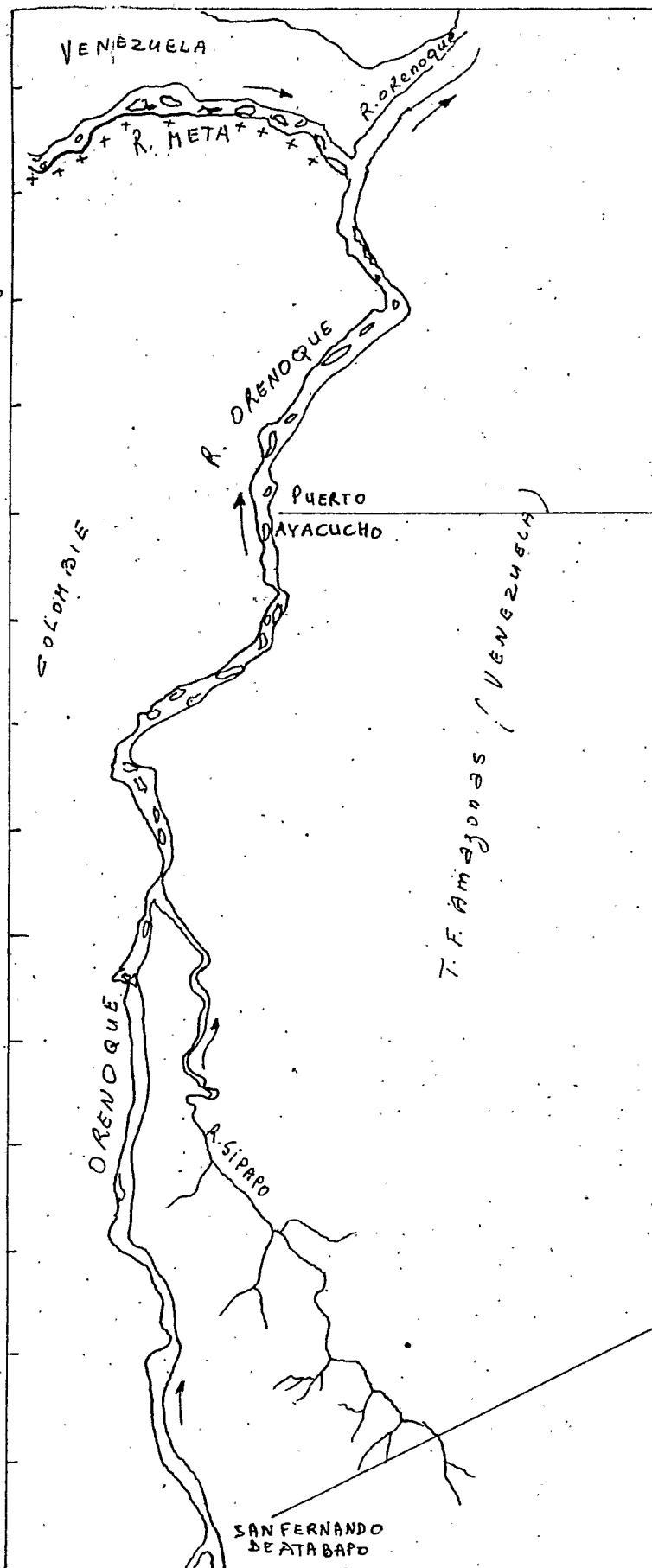
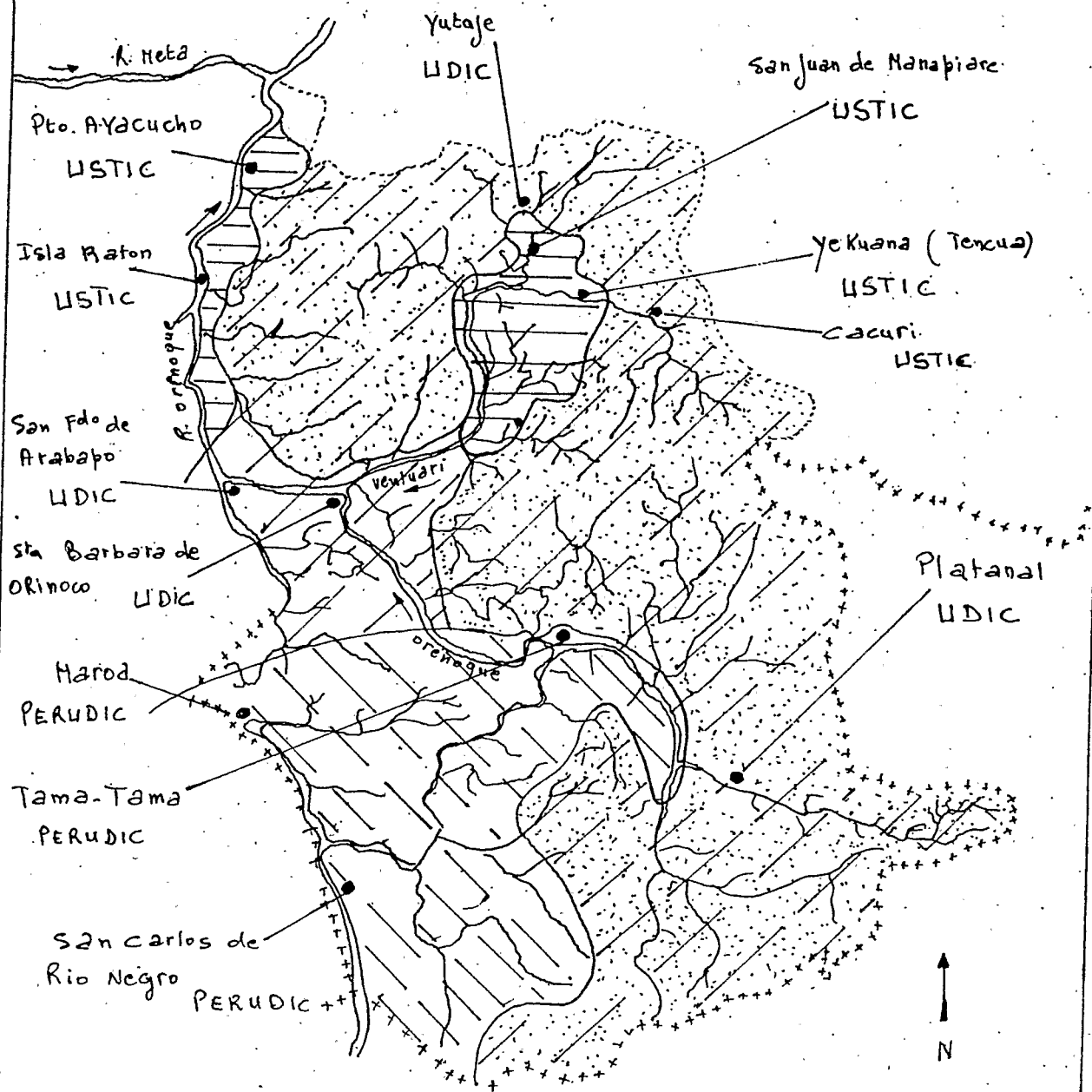


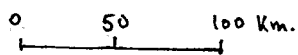
FIG N° 7

FIG N° 8

Localisation des stations météorologiques du T.F. Amazonas et zonification approximative du régime d'humidité des sols.



d'après : P. Stegmayr 1975-1976



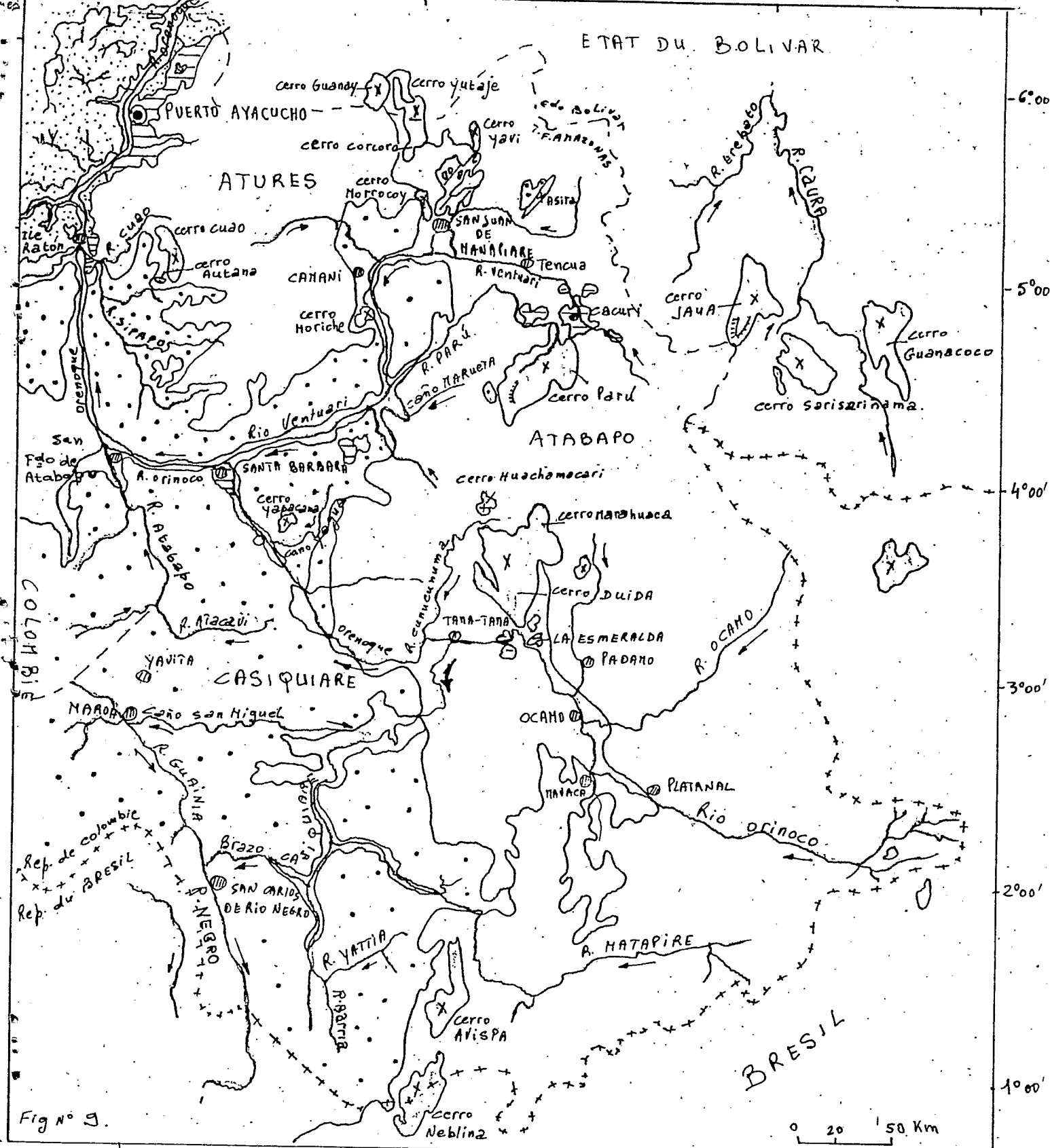


Fig No 9.

	<p>ENSEMBLE I. Association de Forêt, de galerie forestière et de savanes du contact (Planos - Massif Guyanais). Partiellement inondable.</p>		<p>ENSEMBLE IV. Association de forêt et de savanes du complexe alluvial Parucito-Manapiare. Inondable.</p>
	<p>ENSEMBLE II. Association de forêt, galerie forestière et Savanes de la plaine d'érosion d'origine granitique ou gresuse (Orénoque-Ventuari-Casiquiare). Inondable.</p>		<p>ENSEMBLE III. situation approximative de savanes développées sur les Tepuyes et les produits de désagrégation des grès.</p>
	<p>ENSEMBLE III. Association de forêt et de savanes de la bœufaine d'érosion-terracette (Paru, bord occidental du massif Guyanais, Sta Barbara, La Esmeralda... Non ou peu inondable.</p>		<p>Forêt.</p>

Nota: interprétation radar et satellite à 1/4.000.000.

Philippe Blancéneur - Août 1980.

Tableau N° 1. Résultats analytiques des profils de sols de quatre unités géomorphopédologiques.

Profil N°:	Prof. (cm)	sable (%) 0.05-2mm	limon (%)	argile (%)	carbone organique (%)	Bases échangeables (me/100g)				Capacité d'échange (me/100g) NH ₄ AC.	Saturat. en bases (%)	pH H ₂ O (1/2)	Azote total (%)	Phosphore disponible (Olsen) x 8mg. p.p.m.	Al échange. me/100g.
						Ca	Mg	Na	K						
PTY 102 (sol du glacis, contact lianos. Massif guyanais.) <u>PROYACUCHO</u>	0-10	90.55	4.27	5.18	0.45	0.10	0.10	0.02	0.05	3.0	10.1	4.7	0.01	6.0 ^{**}	0.44
	20-30	89.39	3.10	7.51	0.34	0.10	0.10	0.01	0.03	2.4	9.0	4.7	0.00	3	0.38
	50-70	85.43	4.55	10.02	0.19	0.20	0.10	0.03	0.03	2.4	15.2	4.9	-	-	-
	100-110	78.43	5.95	15.62	0.14	0.20	0.10	0.04	0.04	2.5	15.6	4.8	-	-	-
SB 1. (sol de la plaine d'érosion sableuse). <u>SANTA BARBARA</u>	0-3	90.7	8.1	1.2	0.23	0.8	0.2	Trace	Trace	0.7	26	5.9	-	1	-
	3-14	97.3	1.9	0.8	0.08	0.8	0.1	"	"	0.3	24	5.9	-	Trace	-
	50-60	98.7	1.2	0.1	0.02	0.6	0.4	"	"	0.3	39	6.1	-	-	-
	120-130	94.7	4.5	0.8	0.02	0.9	0.1	"	"	0.3	31	6.4	-	-	-
	150-160	82.0	11.5	6.5	0.06	0.9	0.2	"	"	1.0	31	5.7	-	-	-
PTY 190 (sol de la plaine d'érosion sableuse) <u>(SAN PABO)</u>	0-10	95.6	1.1	3.3	0.6	0.10	0.10	0.10	Trace	1.7	8.0	3.8	0.03	2.5	-
	20-30	93.6	4.4	2.0	0.04	0.10	Trace	0.10	"	0.7	50	4.2	0.01	1.9	-
	70-80	92.3	5.7	2.0	-	0.10	"	Trace	"	0.3	33	4.6	-	-	-
	110-120	96.0	2.0	2.0	-	Trace	"	"	"	-	-	4.7	-	-	-
C6 (sol de la péninsule d'érosion-attrition) <u>(CACURI)</u> Granite	0-8	42.2	45.2	12.6	1.97	1.1	0.1	0.1	0.7	3.8	11.	4.7	-	5	Trace
	10-25	35.2	9.2	55.6	0.88	1.2	0.6	0.1	Trace	4.0	20	5.0	-	7	"
	30-45	22.9	16.0	61.1	0.35	1.1	0.5	Trace	"	3.3	21	5.5	-	4	"
	55-65	14.9	25.1	60.0	0.23	0.9	0.7	"	"	4.0	21	5.7	-	6	"
	100-110	10.3	34.7	55.0	0.10	1.4	0.1	"	"	4.3	20	5.7	-	-	-
150-165	9.2	38.3	52.5	0.04	0.8	0.6	"	"	4.0	18	5.6	-	-	-	
C7 (sol de la péninsule d'érosion-attrition) <u>CACURI</u> (R. volcanique acide)	0-8	59.8	6.6	34.6	1.26	1.0	0.9	Trace	0.2	2.0	26	5.2	-	8	0.1
	10-25	51.7	6.7	41.6	0.74	0.7	0.4	0.1	Trace	3.8	13	4.9	-	6	-
	40-60	41.0	7.8	51.2	0.55	1.0	0.5	0.2	"	2.5	27	5.0	-	6	-
	100-120	34.0	6.8	59.2	0.19	0.8	0.8	0.5	"	3.3	38	6.9	-	-	-
	150-165	32.3	7.7	60.0	0.16	0.9	0.3	Trace	"	3.0	23	6.1	-	-	-
C11 sol de la péninsule d'érosion-attrition <u>CACURI</u> (R. volcanique acide).	0-7	13.6	17.4	69.0	2.35	1.2	0.9	Trace	0.1	6.3	13	4.9	-	8	-
	20-30	12.6	13.3	74.1	1.22	0.9	0.8	"	Trace	3.5	14	5.3	-	6	-
	70-90	8.8	16.9	74.3	0.38	0.9	0.3	"	"	8.0	13	6.9	-	6	-
	100-120	8.8	13.9	77.3	0.31	1.8	0.3	0.1	"	7.0	23	5.8	-	-	-