

CARTOGRAPHIE PEDOLOGIQUE EN AMAZONIE VENEZUELIENNE

*Par le groupe d'étude des sols au sud
du Vénézuéla.*

Ph. BLANCANEUX *
D. BUBROEUCQ **
M. GAVAUD **
R. HIDALGO ***
P. MOYA ***
M. POUYLLAU ****
V. SANCHEZ ***

* Pédologues ORSTOM

*** Ingénieurs agronomes MARNR/
Caracas

**** Géomorphologue CEGET/CNRS-Bordeaux
Conseiller technique de la division
des sols du MARNR.

Caracas Mai 1981.

S O M M A I R E

INTRODUCTION.

I - PEDOLOGUES ET AGRONOMES TRAVAILLANT ACTUELLEMENT AU PROJET.

- 1.1. Pédologues ORSTOM.
- 1.2. Ingénieurs agronomes du MARNR.
- 1.3. Géomorphologue CEGET/CNRS/MARNR.

II - MOTIVATION SCIENTIFIQUE ET UTILITE.

III - LE MILIEU NATUREL.

- III.1 - Situation et extension.
- III.2 - Géomorphologie.
- III.3 - Climat.
- III.4 - Végétation.
- III.5 - Réseau hydrographique.
- III.6 - Infrastructure et conditions de la communauté.

IV - CONDITIONS D'EXECUTION.

- IV.1 - Travaux préparatoires.
- IV.2 - Travaux de terrain.
 - IV2.1 - Conditions matérielles.
 - IV2.2 - Prospections effectuées au cours des années 1978-1981.
- IV.3 - Interprétation des analyses de sols.
- IV.4 - Etat d'avancement des travaux de terrain.
- IV.5 - Présentation des résultats.

V - NORMALISATION ET INFORMATIQUE.

- V.1 - Normalisation.
- V.2 - Informatique.

INTRODUCTION.

Les travaux de cartographie pédologique dans le sud du Vénézuéla (Territoire Fédéral de l'Amazone) ont débutés d'une manière permanente avec un personnel fixe, en 1976 par des études préliminaires au 1/100.000 des secteurs de Manapiare (SIEFFERMANN) à Puerto Ayacucho (BLANCANEAUX). La convention entre l'ORSTOM et le MOP ne prévoyait à l'époque que l'inventaire de certaines régions prioritaires au développement agro-pastoral du sud du Vénézuéla.

L'arrivée de D. DUBROEUCQ en 1977 permet la continuation de ce programme par des études préliminaires au 1/125.000 (pour des raisons de fonds topographiques) de Santa Barbara de l'Orénoque (DUBROEUCQ), Cacuri-Asita-Paru (BLANCANEAUX) et Camani (SIEFFERMANN) entre 1977 et 1978.

L'éclatement du MOP, la création du MARNR (Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables), les changements politiques, les responsables nommés à la Direction des services Sols, Faune et Flore du nouveau ministère, donnent une nouvelle orientation au programme qui se voit élargit à l'ensemble du T.F. de l'Amazone ; les secteurs cartographiés à une échelle préliminaire devant servir de secteurs témoins.

Une nouvelle méthodologie de cartographie basée sur un appui logistique hélicoptéré, due au changement d'échelle dans l'étude des sols (de préliminaire à grande vision, 1/250.000) commence à être appliquée en 1978. GAVAUD s'intègre au groupe d'étude en janvier 1978.

I - PEDOLOGUES ET AGRONOMES TRAVAILLANT ACTUELLEMENT AU PROJET.

1.1. Pédologues ORSTOM.

- Ph. BLANCANEAUX (depuis le 15/11/1975)
- D. DUBROEUCQ (depuis le 7/1/1977)
- M. GAVAUD (depuis le 8/1/1978)

1.2. Ingénieurs agronomes du MARNR.

- R. HIDALGO
- P. MOYA
- V. SANCHEZ

1.3. Géomorphologues CEGET/CNRS/MARNR.

- M. POUYLLAU

II. MOTIVATION SCIENTIFIQUE ET UTILITE.

II.1. Inventaire préliminaire des ressources en sols (1/250.000) du sud du Vénézuéla à des fins essentiellement agronomiques et forestières, basé sur une couverture RADAR et Satellite à 1/250.000.

II.2. Formation technique d'ingénieurs Vénézuéliens en photo-interprétation, en exploitation du RADAR, des photos satellites, dans les domaines de la prospection des sols (préparation et exécution sur le terrain), de la cartographie (dessin, habillage et présentation des cartes), du traitement des données analytiques (statistiques et présentation) et de la rédaction des notices ainsi que de la formation scientifique en pédologie générale et en pédogenèse des sols tropicaux.

II.3. Sur ces activités spécifiques de la convention est venu se greffer un enseignement plus spécialisé sur la pédogenèse des sols tropicaux ; cours de "postgrado" (3ème cycle) dispensés à l'Université des Llanos (Guanare) et au CIDIAT (Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras - Merida) BLANCANEUX.

III. LE MILIEU NATUREL.

III.1. Situation et extension.

En accord avec le dernier décret exécutif de la régionalisation administrative du Vénézuéla, le T.F. de l'Amazone est intégré dans la région de la Guyane. Ce territoire est situé dans la région la plus méridionale du Vénézuéla et a pour limites les parallèles 0°40' et 6°15' de latitude nord et les méridiens 63°20' et 67°50' de longitude ouest.

D'après les calculs effectués, la superficie du territoire après rectification de la frontière avec le Brésil est de : 178.095 km².

Le territoire fédéral de l'Amazone est compris entre l'état du Bolivar et les républiques de Colombie et du Brésil (voir figure en annexe).

III.2. Géomorphologie.

La géomorphologie de la bordure occidentale du "Massif Guyanais" est étroitement marquée par les conditions géotectoniques de l'ensemble du Massif et la présence, à peine franchi l'Orénoque, du grand géosynclinal des Llanos. L'ensemble comporte des "Terres Hautes", granito-gréseuses et des "Terres Basses", remblayées par des produits de l'altération granitique et des remblaiements locaux alluviaux. Sur ce cadre géologique et physiographique, la pénétration plus ou moins profonde de l'altération physico-chimique contribue à donner aux différentes unités géomorpho-pédologiques un style caractéristique.

Les principaux massifs sont formés de lambeaux de Riraima qui forment des hauts-plateaux cuirassés et fracturés, en partie affectés par des actions pseudo-karstiques (1.500-2.200 m) ; les paysages de montagnes granitiques sont beaucoup plus entaillés et ne dépassent pas les 1.800 m d'altitude. Dans ces secteurs prédominent des couvertures d'altération importantes et des phénomènes d'induration ainsi que des pseudo-karts.

Ces massifs sont entourés de piémonts et de pénéplaines étagées qui constituent des transitions vers les "Terres Basses". Les secteurs de piémonts sont formés de morceaux de granites et de granito-gneiss fracturés auxquels sont associés des échines de roches volcaniques et métasédimentaires. Les pénéplaines sont composées de grandes étendues de demi-oranges disséquées sur les bords en petites demi-oranges et inselbergs granitiques. Dans ce dernier secteur, une reprise d'érosion est particulièrement nette.

Dans les "Terres Basses", prédominent des mosaïques de produits d'altération (argiles gibbsitiques) et des résidus quartzeux d'érosion. Des ondulations et des petites collines argileuses d'altération granitique principalement, généralement boisées, sont entourées de grands épandages sableux qui atteignent leur plus grande extension dans la dépression semi-endorreique du Caño Casiquiare. Dans ce dernier secteur, la végétation typique est formée par la "caatinga amazonienne".

La région située entre Puerto Ayacucho et Caicara del Orinoco forme un secteur spécifique de contact brutal entre le "Massif Guyanais"

et la dépression des Llanos. L'absence de grandes plaines d'altération et d'érosion y est compensée par la présence de grands glacis sableux, en partie indurés.

Les apports alluviaux sont très limités et localisés en bordure des grands fleuves (Orénoque, Ventuari, Casiquiare, Rio Negro...). Il faut signaler une seule exception dans la région centrale avec la dépression de San Juan de Manapiare. Des conditions tectoniques particulières (effondrement de type Rift) ont favorisé un grand remblaiement alluvial de type "plaine de débordement ou delta interne".

La bordure occidentale du massif guyanais comporte donc une série d'unités géomorpho-pédologiques étroitement conditionnées par une histoire géologique ancienne et une évolution polycyclique très longue.

III.3. Climat et paléoclimats.

Dans la partie occidentale du Bouclier Guyanais, le climat a tendance à être moins pluvieux que dans la partie orientale. On note cependant des noyaux de pluviométrie élevée, en particulier dans la pénéplaine du Casiquiare.

Le territoire Fédéral de l'Amazonie est sous la dépendance des alizés nord-orientaux qui provoquent un balancement saisonnier (saison sèche, novembre à mars) et saison des pluies (avril à octobre) bien marqué dans la partie nord et sous l'influence des flux amazoniens qui provoquent les énormes abats d'eau dans la région sud (San Carlos de Rio Negro).

L'originalité du climat de l'Amazonas est liée à la présence de bassins "secs" (Haut Ventuari) en position d'abri.

Afin d'utiliser au maximum les données climatologiques, on a élaboré, à partir de la méthode des régimes hydriques de la Soil Taxonomy, une carte du Territoire qui présente les différents régimes, Ustic, Udic, Perudic, Aquic, Peraquic, en faisant apparaître leur répartition géographique dans les régions de plaines ou de montagnes.

III.4. Végétation.

Le territoire Fédéral Amazonas, du point de vue de la végéta-

tion, constitue une association entre le type des Llanos (secteur nord-ouest) et le type Amazonien constitué par la grande hylea qui prédomine amplement dans les secteurs sud et sud-est.

La structure compartimentée du territoire, pratiquement séparé des llanos par le massif du Parguaza, permet à la végétation du type Amazonien de connaître un développement certain, tempéré par la présence de savanes anthropo-climatiques et paléoclimatiques jusqu'au 3ème degré de latitude sud. Dans le cadre des recherches géomorpho-pédologiques, on a essayé d'établir un glossaire phyto-géographique adapté aux conditions locales en soulignant plus particulièrement des critères de périodicité (sempervirente, semi-décidue, décidue), d'altitude, d'humidité, d'édaphisme et surtout de structure (strate ligneuse, herbacée, interrelation entre les deux strates...).

Les formations naturelles non forestières forment de grandes étendues jusqu'au parallèle 6°N (Puerto Ayacucho) et dans certains bassins internes (Manapiare, Santa Barbara, Cacuri) ; certaines savanes d'origine anthropo-climatiques sont présentes plus au sud ; La Esmeralda, Sierra Parima. Les formations naturelles forestières forment un manteau continu depuis l'Amazonie Brésilienne jusqu'au 2ème degré de latitude nord avec une mosaïque de caatinga amazonienne dans la dépression du Casiquiare. Les conditions de périodicité varient et s'annulent à mesure que l'on descend vers les zones pluvieuses du Rio Negro ; tandis que les forêts galeries et les galeries de palmiers soulignent les principaux axes fluviaux, formant de véritables forêts marécageuses ou "orillares" le long de l'Orénoque. La végétation des hauts plateaux du Roraima (Tepuyes) revêt des caractères endémiques marqués en particulier dans les grands massifs de la Neblina, du Duida et du Parú.

Le Territoire Fédéral de l'Amazone constitue une vaste réserve naturelle soumise à un équilibre très fragile des écosystèmes. Les secteurs qui ont perdu leur végétation sont très rapidement soumis à des processus d'érosion et d'induration qui rendent problématique l'utilisation des ressources végétales présentes dans la plus grande partie du Territoire.

III.5. Réseau hydrographique.

L'ouest du Massif Guyanais appartient au bassin de l'Orénoque. Etroitement marqué par des conditions géo-structurales, le réseau général est articulé sur le haut Orénoque, le Ventuari et le Caura. La structure générale du réseau est radiale à partir des Terres Hautes et de la Sierra Parima et présente la particularité d'une défluviation fonctionnelle au niveau du caño Casiquiare vers le bassin du Rio Negro et de l'Amazone : ce phénomène est provoqué par la légère inclination du grabben du Casiquiare vers l'Amazonie Colombienne. Dans le détail le réseau est marqué par la présence de forts dénivelés, chutes et rapides au passage des filons de roches dures d'origine volcanique. Ces rapides séparent des biefs plus ou moins remblayés de matériaux alluviaux. Les entailles sont fortes dans les paysages montagneux (failles et fractures) ainsi que dans les pénéplaines à demi-oranges (démantèlement de l'altération). Dans les paysages de plaines, les fleuves ont peu entaillé leurs vallées et, à partir de Puerto Ayacucho et jusqu'à Caicara del Orinoco, l'Orénoque est pratiquement surimposé sur le massif ; les apports andins l'ont repoussé au-delà des premiers inselbergs guyanais.

Le bassin de l'Orénoque constitue avec un module brut de 30.000 m³/s à l'embouchure le 4ème bassin mondial. Cette importance du bassin est surtout liée à la constance des pluies.

III.6. Infrastructure et conditions de la communauté.

Le Territoire Fédéral de l'Amazone a été traditionnellement isolé du reste du pays. La présence de rapides (Atures) dans la région de Puerto Ayacucho ainsi que la barrière formée par le massif du Paragwaza expliquent cet état de fait. Dans le passé les contacts ont été plus prononcés avec le Brésil à travers le bassin du Rio Negro, qu'avec le Vénézuéla. L'utilisation de ce réseau hydrographique en communication avec le nord du Brésil et l'orient Colombien s'est trouvé amélioré depuis les années 30 par l'ouverture de la route Samariopo-Puerto Ayacucho, laquelle au prix d'une rupture de charge permet de franchir les obstacles créés par les rapides. L'infrastructure routière est très insuffisante et raccourcit uniquement certains

itinéraires fluviaux (Casiquiare, Atabapo, Rio Negro) ; elle est actuellement en voie d'amélioration. Le projet de relier le territoire au reste du pays par la route Puerto Ayacucho-Caicara del Orinoco est en voie de réalisation.

L'avion reste cependant le moyen de communication le plus utilisé tant au niveau local que pour relier Puerto Ayacucho à Caracas.

Cet état d'isolement a peu favorisé le développement des structures et des services. La capitale, Puerto Ayacucho possède les services minima et le reste du Territoire est peu développé, exception faite de quelques petits centres comme San Juan de Manapiare, San Fernando de Atabapo, Maroa et San Carlos de rio Negro.

Le territoire est peu peuplé ; 21.600 habitants en 1971, et la densité est par conséquent très faible, $0,12 \text{ hab/km}^2$; le peuplement reste d'autre part très concentré le long de la frontière occidentale, rio-Nègro, Orénoque, surtout dans la région de Puerto Ayacucho. Les conditions socio-économiques du passé ont réduit les grandes communautés indigènes à se réfugier dans les hauts bassins du Caura, du Ventuari et surtout de l'Orénoque. On assiste cependant actuellement à un flux inverse avec l'attrait qu'exerce Puerto Ayacucho sur les communautés les plus proches en voie de désintégration (Guahibos, Piaroas etc...).

IV - CONDITIONS D'EXECUTION.

IV.1. Travaux préparatoires.

L'interprétation préalable de la couverture RADAR (1/250.000) par stéréointerprétation des bandes et le dessin préparatoire des cartes ont été achevés pour la totalité du Territoire. Ce dernier se compose de 21 mosaïques RADAR au 1/250.000 et chaque pédologue est responsable d'un certain nombre de coupures.

Des données empiriques tirées des photographies par satellite (Landsat) au 1/250.000 ont été superposées à ces interprétations. Faute d'équipement local suffisant et opérationnel, également à cause du trop grand éloignement géographique et administratif des centres

de télédétection (Bondy pour l'ORSTOM), il n'a pas été possible de traiter de façon systématique ce dernier type de documents, ce qui n'est pas sans inconvénient pour les zones les plus planes. Actuellement l'élaboration des contours définitifs des unités cartographiques se fait par recoupement des significations des unités homogènes obtenues par le RADAR et par le Satellite. Ces recoupements se font visuellement sur les images photographiques à 1/250.000 des différents documents. Avant chaque mission, à tour de rôle, un pédologue ORSTOM, assisté de plusieurs ingénieurs Vénézuéliens, dessine une carte provisoire, en définit les "textures" (aspects) RADAR et Satellite, en propose une interprétation physiographique et une corrélation pédologique avec des unités antérieurement vérifiées, calcule en fonction du budget et des surfaces le nombre de vérifications à faire sur le terrain et trace un plan de vol qui minimise les déplacements de l'hélicoptère. D'autre part les données topographiques très sommaires de la seule carte en service (1/1.000.000) ont été complétées partout où le relief était suffisamment accentué (30 m et plus) par le dépouillement des profils barométriques associés aux mosaïques RADAR. Enfin un programme de mission a été établi jusqu'à fin 1981.

Ces parties peuvent être considérées comme suffisantes pour l'échelle de travail considérée (1/250.000) au point de vue des normes techniques internationalement en usage.

La partie bibliographique est au contraire déficiente, soit de fait, ce qui est le cas le plus général, de l'absence de documents utilisables (géographie, phyto-géographie, agronomie), soit de leur caractère très local (pédologie et géologie) pour ne pas parler de l'accessibilité médiocre des archives.

Ce sont les pédologues eux-mêmes qui doivent recueillir les observations sur le terrain. Ils ont proposé de se faire aider dans ce but par des spécialistes ad hoc, mais ces tentatives "d'interdisciplinarité" suggérées dans le premier projet de méthodologie à utiliser pour le levé des sols du T.F. Amazonas (BLANCANEUX, 1977) ont été peu fructueuses faute de formation ou de disposition de ce personnel pour les études extensives.

IV.2. Travaux de terrain.

IV2.1. Conditions matérielles.

L'absence de réseau routier, la grande taille de la zone à prospecter et à cartographier (178.095 km²), la brièveté de la prospection (3-4 ans), le petit nombre de personnel (jamais plus de 3 équipes en moyenne au sol) ont imposé l'hélicoptère.

Ainsi l'essentiel des données cartographiques est recueilli sur des transects pédestres tracés à partir des points aménagés ou non, accessibles à l'hélicoptère et répartis sur toute la carte. Cependant l'essentiel des données pédogénétiques est relevé sur des chantiers plus complets, avec fosses et levés topographiques, le long des rares pistes existantes autour des centres habités les plus importants (secteurs "témoins").

IV.2.2. Prospections effectuées au cours des années 1978-1979-1980-1981.

Année 1978 :

- Février - Feuille Cacuri NB20-13 (14.153 km²).
- " Tencua NB20-9 (7.631 km²).
- Avril - Feuille Santa Barbara NA19-4 (17.772 km²).
- " Carmelitas NB19-16 (18.537 km²).
- " San Juan de Manapiare NB19-12
(17.912 km²).
- Octobre - Feuille La Esmeralda NA20-1 (18.384 km²).

Année 1979 :

- Mars - Feuille NA19-7 (1.131 km²). Maroa.
- " NA19-8 (18.648 km²). Casiquiare.

Année 1980 :

- Avril - Feuille San Carlos de Rio Negro NA19-12
(11.378 km²).

Année 1981 :

Février - Ocamo Feuille NA20-5 (18.648 km²).

IV.3. Interprétation des résultats d'analyses.

Les analyses de routine utilisables à des fins surtout agronomiques sont faites sur place à Guanare. Elles ont fait l'objet d'une interprétation statistique globale pour la moitié nord du territoire notamment pour un facteur nocif malheureusement très répandu, "l'aluminium échangeable" (M. GAVAUD). Les résultats d'analyses minéralogiques d'argile nous sont fournis par l'ORSTOM (services du Pr. PINTA) et ont révélé l'extrême abondance de la gibbsite dans ce milieu (BLANCANEAUX).

IV.4. Etat d'avancement des travaux de terrain.

Actuellement la phase interprétation est terminée pour tout le territoire de l'Amazone.

La phase prospection est presque terminée puisqu'il reste à reconnaître les secteurs du Haut Orénoque, à l'Est du Casiquiare et certains "trous" qui n'ont pu être reconnus au cours des missions précédentes soit pour des raisons climatiques, soit pour accidents mécaniques de l'hélicoptère. Il est prévu une mission vers décembre 1981 au cours de laquelle les opérations de terrain devraient être terminées.

Chaque mission hélicoptérée a une durée moyenne de trois semaines.

IV.5. Présentation des résultats.

Il a été proposé au MARNR de présenter les résultats sous la forme d'un atlas comportant les 21 coupures du Territoire Fédéral de l'Amazone à 1/250.000 de la carte géomorpho-pédologique.

Chaque coupure est accompagnée d'une légende et d'une notice. La légende est la liste des unités cartographiques ; la notice est un condensé des données géomorphologiques, géologiques, de végétation, climatiques et pédologiques particulières à la feuille considérée.

Ces données sont accompagnées chacune d'un carton à 1/1.000.000 visualisant les informations du texte.

L'atlas lui-même est constitué d'une introduction mettant au point la méthode utilisée, les caractéristiques de la classification pédologique utilisée, la classification géomorphologique adoptée et les données climatiques employées.

L'atlas sera terminé par une carte de synthèse des limitations culturelles à 1/1.000.000 ainsi que d'une notice traduisant et chiffrant les limitations survenant lors d'une utilisation des terres dans le cadre particulier du Territoire Fédéral de l'Amazone.

IV - NORMALISATION ET INFORMATIQUE.

Normalisation.

Dans le cadre du groupe de travail réunissant 7 ingénieurs, il s'est rapidement avéré nécessaire de normaliser les méthodes de travail et de langage employées. Dans le cadre de la description des sols et des notes de terrain non normalisées, le travail de synthèse que doit réaliser le responsable de la carte est une tâche ingrate et une méthode peu sûre. Aussi le processus suivant a-t-il été mis au point :

- Utilisation d'un glossaire pédologique permettant la description des sols en vue du traitement informatique. Ce glossaire établi par D. DUBROEUCQ contient les termes adaptés à l'observation de terrain dans le milieu Amazonien ; il fut critiqué par l'ensemble des utilisateurs du groupe d'étude du sud.

- Utilisation d'un glossaire de description de l'environnement du profil adapté au levé des sols du T.F. de l'Amazone ; ce glossaire établi par Ph. BLANCANEUX fut également critiqué par l'ensemble des utilisateurs et est également conçu pour le traitement informatique.

- Condensation des observations de terrain sous forme de feuillets indiquant les observations sur l'unité de terrain observée (géomorphologie, topographie, roche-mère et végétation), la descrip-

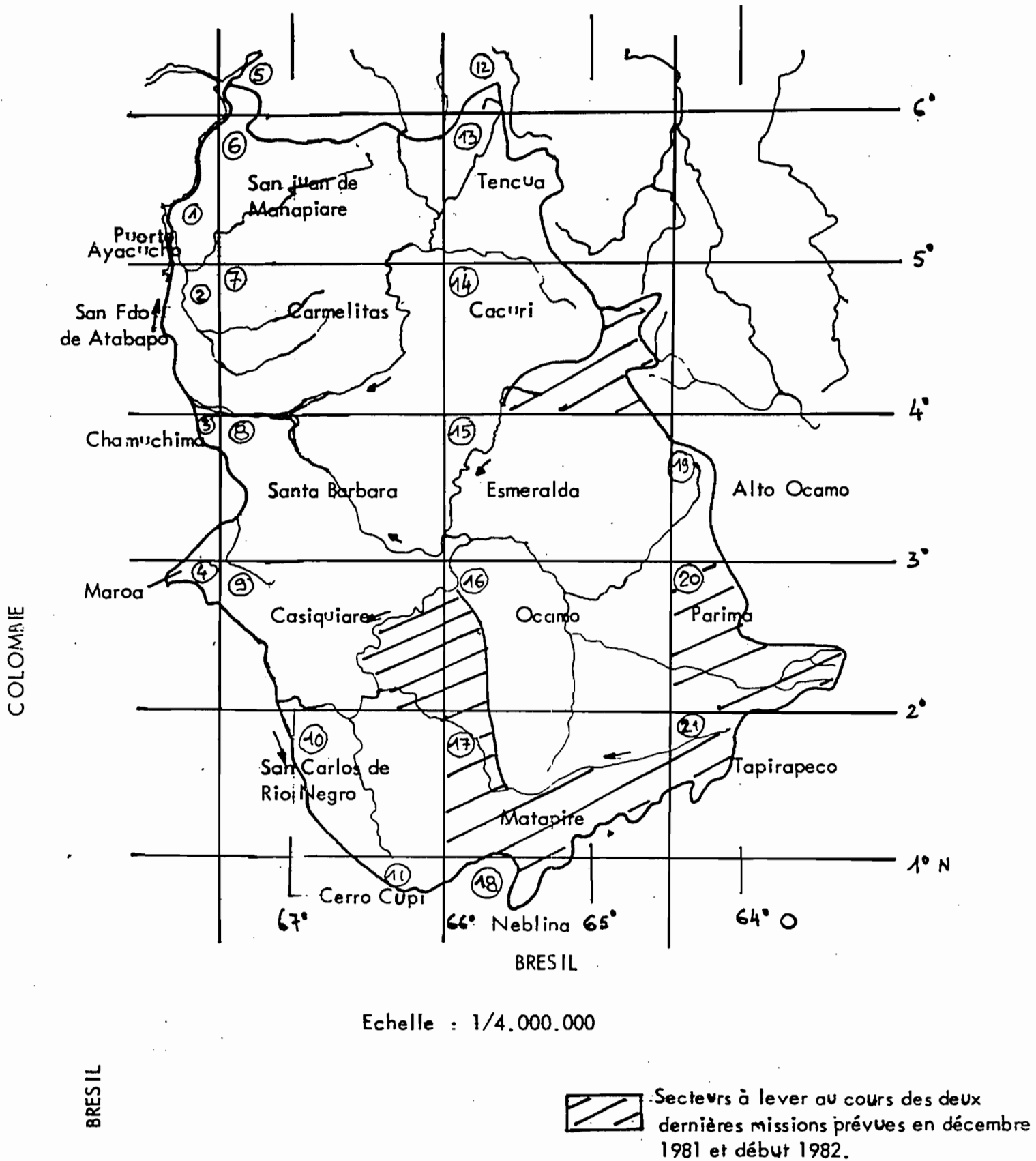
tion des profils et de leur environnement en langages glossaires et le croquis des transects parcourus avec les dénivelés.

Informatique.

Les deux glossaires (Description du profil et description de l'environnement du profil) fonctionnent suivant un programme informatique (programme GLOPEDOR) établi pour l'ORSTOM par Max ORTHLIEB et Françoise PIROT travaillant actuellement au MARNR. Ce programme permet sur l'ordinateur IBM 360 du MARNR de présenter les descriptions de profils de sols, de leur environnement ainsi que de leurs résultats analytiques.

Ces données peuvent être stockées sur bande magnétique ou sur disque.

LES DIFFERENTES MOSAIQUES RADAR DU T.F. de l'AMAZONE DU VENEZUELA.



Echelle : 1/4.000.000

BRESIL



Secteurs à lever au cours des deux dernières missions prévues en décembre 1981 et début 1982.

COMPT E R E N D U
DES J O U R N É E S P É D O L O G I Q U E S
DE S E P T E M B R E 1 9 8 1

O.R.S.T.O.M. – P A R I S – 1 9 8 2