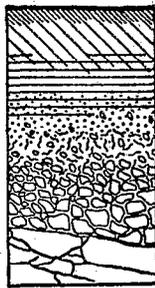


E. GUICHARD

**LES SOLS
DU BASSIN
DU RIO JAGUARIBE**

(BRÉSIL)



OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ET TECHNIQUE OUTRE-MER





ÉDITIONS DE L'OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

RENSEIGNEMENTS - DIFFUSION - VENTES

Pour tout renseignement, abonnement aux revues périodiques, achat d'ouvrages et de cartes, s'adresser à :

SERVICE CENTRAL DE DOCUMENTATION DE L'ORSTOM

— Les paiements seront effectués par virements ou chèques postaux, au Régisseur des Recettes et Dépenses des SSC de l'ORSTOM, 70 - 74, route d'Aulnay, 93-BONDY, CCP 9.152-54 PARIS.

— Achat au comptant, exceptionnellement possible à la bibliothèque annexe de l'ORSTOM : 24, rue Bayard, PARIS-8^e.

Catalogue sommaire des Publications

I. ANNALES HYDROLOGIQUES (ancien titre : Annuaire Hydrologique)

Derniers annuaires parus :

- 1963-1964-1965. — Annuaire Hydrologique de la France d'Outre-Mer. Zones concernées : territoires et départements Outre-Mer. France 25 F. Etranger 30 F.
- 1964-1965. — Annales Hydrologiques de l'ORSTOM. Zones concernées : Etats africains d'expression française et République Malgache. France 100 F. Etranger 110 F.

II. BULLETINS ET INDEX BIBLIOGRAPHIQUES (format rogné 21 × 27, couverture bleue).

- Bulletin analytique d'Entomologie médicale et vétérinaire (ancien titre : Bulletin signalétique d'Entomologie médicale et vétérinaire). Mensuel - Abonnement : France 70 F ; Etranger : 80 F ; le numéro 8 F.
- Index bibliographique de Botanique tropicale. Trimestriel - Abonnement : France 25 F ; Etranger 30 F.

III. CAHIERS ORSTOM (format rogné 21 × 27, couverture jaune).

a) Séries trimestrielles

- Cahiers ORSTOM, série Pédologie (1).
 - Cahiers ORSTOM, série Océanographie.
 - Cahiers ORSTOM, série Hydrobiologie.
 - Cahiers ORSTOM, série Sciences humaines.
 - Cahiers ORSTOM, série Hydrologie.
 - Cahiers ORSTOM, série Entomologie médicale et Parasitologie.
- Abonnement : France 90 F ; Etranger 110 F ; le numéro 25 F

b) Série semestrielle

- Cahiers ORSTOM, série Géologie.
- Abonnement : France 70 F ; Etranger 75 F

c) Séries non encore périodiques

- Cahiers ORSTOM, série Biologie (3 ou 4 numéros par an).
 - Cahiers ORSTOM, série Géophysique.
- Prix selon les numéros.

IV. MÉMOIRES ORSTOM (format rogné : 21 × 27, couverture grise)

- 1. KOEHLIN (J.). — 1961 — *La végétation des savanes dans le sud de la République du Congo-Brazzaville*. 310 p. + carte 1/1 000 000 (noir) 45 F
- 2. PIAS (J.). — 1963 — *Les sols du Moyen et Bas Logone, du Bas-Chari, des régions riveraines du Lac Tchad et du Bahr-el-Ghazal*. 438 p. + 15 cartes 1/1 000 000, 1/200 000 et 1/100 000 (couleur) 200 F

- 3 x. LÉVÊQUE (A.). — 1962 — *Mémoire explicatif de la carte des sols de Terres Basses de Guyane française*. 88 p. + carte 1/100 000, 2 coupures (couleur) 65 F
- 3 xx. HIEZ (G.), DUBREUIL (P.). — 1964 — *Les régimes hydrologiques en Guyane française*. 120 p. + carte 1/1 000 000 (noir) 70 F
- 3 xxx. HURAUULT (J.). — 1965 — *La vie matérielle des Noirs réfugiés Boni et des Indiens Wayana du Haut-Maroni (Guyane française). Agriculture, Économie et Habitat*. 142 p. 65 F
- 3 xxxx. LÉVÊQUE (A.). — 1967 — *Les sols ferrallitiques de Guyane française*, 168 p. 50 F
- 3 xxxxx. HURAUULT (J.). — 1968 — *Les Indiens Wayana de la Guyane française — Structure sociale et coutume familiale*. 168 p. 80 F
- 4. BLACHE (J.), MITON (F.). — 1963 — Tome I. *Première contribution à la connaissance de la pêche dans le bassin hydrographique Logone-Chari-Lac Tchad*. 144 p.
BLACHE (J.). — 1964 — Tome II. *Les poissons du bassin du Tchad et du bassin adjacent du Mayo Kebbi. Etude systématique et biologique*. 485 p., 147 pl. Les deux volumes (2) 75 F
- 5. COUTY (Ph.). — 1964 — *Le commerce du poisson dans le Nord-Cameroun*. 225 p. épuisé
- 6. RODIER (J.). — 1964 — *Régimes hydrologiques de l'Afrique Noire à l'ouest du Congo*. 18 × 27, 137 p. (2) 55 F
- 7. ADJANOHOUN (E.). — 1964 — *Végétation des savanes et des rochers découverts en Côte d'Ivoire centrale*. 250 p. 90 F
- 8. CABOT (J.). — 1965 — *Le bassin du Moyen Logone*. 327 p. 100 F
- 9. MOURARET (M.). — 1965 — *Contribution à l'étude de l'activité des enzymes du sol : L'asparaginase*. 112 p... 50 F
- 10. AUBRAT (J.). — 1966 — *Ondes T dans la mer des Antilles*. 192 p. 60 F
- 11. GUILCHER (A.), BERTHOIS (L.), LE CALVEZ (Y.), BATTISTINI (R.), CROSNIER (A.). — 1965 — *Les récifs coralliens et le lagon de l'île Mayotte (Archipel des Comores, Océan Indien)*. 211 p. 100 F
- 12. VEYRET (Y.). — 1965 — *Embryogénie comparée et blastogénie chez les Orchidaceae-Monandreae*. 106 p. 60 F
- 13. DELVIGNE (J.). — 1965 — *Pédogenèse en zone tropicale. La formation des minéraux secondaires en milieu ferrallitique*. 178 p. (1) 55
- 14. DOUCET (J.). — 1965 — *Contribution à l'étude anatomique, histologique et histochimique des Pentastomes (Pentastomida)*. 150 p. 60 F
- 15. STAUCH (A.). — 1966 — *Le bassin camerounais de la Bénoué et sa pêche*. VIII-152 p. 56 F

(1) Masson et Cie, 120, bd Saint-Germain, Paris-VI^e - dépositaires de cette série à compter du vol. VIII, 1970. Abonnement étranger : 124 F.

(2) En vente chez Gauthier-Villars, 55, quai des Grands-Augustins, Paris-VI^e.

(3) En vente chez Dunod, 92, rue Bonaparte, Paris-VI^e.

LES SOLS
DU BASSIN DU RIO JAGUARIBE
(BRÉSIL)

MÉMOIRES ORSTOM n° 40

Edmond GUICHARD

LES SOLS
DU BASSIN DU RIO JAGUARIBE
(BRÉSIL)

ORSTOM
PARIS
1970

SOMMAIRE

RÉSUMÉ (portugais)	7
AVANT-PROPOS	11
LES FACTEURS D'ENVIRONNEMENT	13
— Situation géographique	15
— Climat et Hydrologie	15
— La roche mère	18
— Géomorphologie	23
— La végétation	32
— Agriculture et élevage	35
— La population et les sols	36
LES SOLS	39
— Genèse des sols	41
— Classification des sols	48
— Sols minéraux bruts	51
— Sols peu évolués	52
— Vertisols et paravertisols	55
— Intergrades vertisols-ferrugineux fersiallitiques	61
— Sols ferrugineux fersiallitiques	68
— Sols ferrallitiques	76
— Sols halomorphes	86
— Sols hydromorphes	93
CARTOGRAPHIE ET AGROLOGIE	95
— Légende	97
1. Unité des terres lourdes	97
2. Unité des sols ferrallitiques	101
3. Unité des sols ferrugineux fersiallitiques	104
4. Unité des intergrades vert. - ferrug. fersial. et peu évolués d'érosion	105
5. Unité des sols érodés	106
6. Unité des surfaces « d'atterrissement »	109
7. Unité des sols bruts	111
CONCLUSION	112
BIBLIOGRAPHIE	115
ANNEXES	117
I ANALYSES ET DESCRIPTIONS DE PROFILS	117
II COMPARAISON AVEC LES SOLS DE SÃO PAULO ET DE RIO	145

RÉSUMÉ (portugais)

As principais observações e hipóteses que caracterizam o Vale de Jaguaribe são as seguintes :

O *clima* é do tipo tropical sêco com estação sêca acentuada, temperaturas relativamente baixas em relação à pluviometria (em comparação com a África), pluviometria de 500 a 1 100 mm por ano ; grande irregularidade annual, diminuição considerável das chuvas com o afastamento das costas do Atlântico. Os cursos d'água são temporários e as reservas subterrâneas são escassas.

As *rochas mães* sedimentares são relativamente pouco extensas (20 %) e constituídas principalmente de arenitos do Período Devoniano, Cretáceo e Tércio-quadernário. Os aluviões são pouco extensos (8 %). Os gnaiss, geralmente ácidos, predominam na bacia.

A altitude varia de 0 a 800 m. As formas do relêvo seguem a natureza das formações geológicas. Observam-se os seguintes relêvos : plano nos aluviões ; de planalto ou suavemente ondulado sobre as formações areníticas (com lagoas no Baixo-Jaguaribe) ; anguloso e pouco ondulado sobre as « superfícies aplainadas » ; de colinas, de montanhas e as vezes de « Inselbergs » sobre os relêvos gnaissicos ou graníticos ; arredondado sobre os xistos de Ingazeiras e um relêvo em duña na vazante da bacia.

As superfícies de erosão dividem-se em « *superfície de ataque* », na parte superior, e « *superfície aplainada* », na vazante. Entre as primeiras, pode-se provavelmente reconhecer uma superfície pre-crétacea sobre os cumes das montanhas em direção à Caririaçu, Potengui, Pereiro, onde existem solos ferruginoso fersialíticos profundos sobre os quais há vestígios de planaltos areníticos cretáceos. Entre as segundas, encontram-se áreas com solos ferruginoso fersialíticos ; outras com solos « intergrades » (vertisolos-ferruginoso fersialíticos) ; ainda, uma superfície de erosão cristalina ou « paleo-glacis », coberta por depósitos Barreira ; e finalmente uma superfície de erosão mais jovem proveniente da precedente, ou seja o relêvo 2B modal da região de Jaguaribe.

A *vegetação natural* é a « caatinga », vegetação arbustiva relativamente densa, medianamente alta (4-5 m), subespinhosa. Nesta região observa-se a rotação de culturas importantes como *algodão-milho-feijão* e de *pastagem extensiva*, de grande importância no sertão típico da região de Jaguaribe.

Os *solos* mais freqüentes na bacia são os ferruginoso fersialíticos ; em seguida, os solos ferralíticos, os solos erodidos pouco evoluídos, os « intergrades » (vertisolos - ferruginoso fersialíticos) ; e os solos brutos, os vertisolos, os solo halomòrficos et hidromòrficos.

De acordo com os tipos de solos, a *alteração* é a seguinte : profunda, provavelmente antiga e desenvolvida em clima mais úmido (ou facilitada pela posição do relêvo na bacia) nos solos ferralíticos e ferruginoso fersialíticos. Uma alteração atual pouco profunda, de clima sêco, em certas condições de rocha e drenagem que favorece a formação de vertisolos e « Intergrades » ricos em montmorilonita.

A *erosão* é contrária à alteração. Manifesta-se em todos os tipos de solos, porém sua ação é sobretudo visível após longo período de tempo ; age sobre os solos por degradação que se pode ver nas sequências : nos solos ferruginoso fersialíticos, verifica-se no horizonte superior, que é frequentemente misturado com pedras e de modal transforma-se a um horizonte de « transporte e residual » ; muitas vezes um adelgamento do perfil indo de solos truncados a solos erodidos pouco evoluídos e a solos brutos. Nos solos ferralíticos passa-se dos solos modais aos solos bejes nos declives ou às areias brancas na parte baixa com os solos de transporte pouco evoluídos. Finalmente, o horizonte de « transporte e residual », resultan da degradação, ligado frequentemente com um sub horizonte pedregoso, se observa muitas vezes na parte superior dos « intergrades », dos solonetz solodizados e dos solos erodidos pouco evoluídos sobre gnaiss ; é semelhante a um perfil lixiviado de solo de transporte pouco evoluído sobre areia.

A circulação interna dos coloides no perfil se manifesta sobretudo pelos *revestimentos argilosos*, muito freqüentes nos solos ferruginoso fersialíticos e pelas *estrias* de acumulação em alguns perfis dos solos ferralíticos degradados ou de solos de transporte pouco evoluídos, situados em posição topográfica próxima à um lençol freático.

As manifestações de *hidromorfia* são relativamente raras nos solos. Observase, entretanto, no Baixo-Jaguaribe, na base da série Barreira, em contacto com o embasamento cristalino, um horizonte manchado (« plinthite ») provavelmente formado no fim do ciclo de sedimentação. As manchas atuais de óxido-redução, são observadas em profundidade nos solos hidromórficos, em alguns perfis dos solos ferralíticos, dos ferruginos fersialíticos, dos « intergrades », dos solos salinos, dos solonetz solodizados, e os transformam em « Intergrades » de solos hidromórficos.

As *carapaças* e as *concreções* ferruginosas são raras, sendo observadas nos solos desenvolvidos sobre matérias *sedimentares* (arenitos ou calcários) e não nos solos formados sobre as rochas mães gnaíssicas ou graníticas. Estes solos são situados em posição topográfica elevada, em contacto com o embasamento cristalino e parecem de origem hidromórfica antiga (contemporânea do fim do ciclo de sedimentação). A ausência de carapaças (e de outros sinais de hidromorfia) nos solos ferruginoso fersialíticos sobre gnaiss é devida à drenagem interna relativamente boa, favorecida por um relêvo onde o desnível entre os interflúvios e o lençol freático é relativamente significativo.

A *salinidade* nos solos salinos (vertisolos hidromórficos e solos hidromórficos salinos) não parece causar modificação nos caracteres morfológicos e em particular na estrutura ; ao contrário, a estrutura muito compacta dos solonetz solodizados não está ligada a um teor elevado em sódio no complexo ou de sais solúveis.

Nos vertisolos, os nodulos calcários, quando presentes, são de pequenas dimensões (inferiores ou iguais aos grãos de arroz) ; a estrutura é geralmente não granular, estando ausente o micro relêvo « gilgai ».

Há, geralmente, uma boa relação entre os *varios tipos de solos* e a *natureza* das rochas mães = solos ferralíticos sobre arenitos (e sobre calcários), solos ferruginoso fersialíticos sobre gnaiss, vertisolos sobre margas, aluviões e rochas básicas (às vezes sobre calcários), « intergrades » sobre rochas básicas ou gnaiss com porções básicas.

Na superfície calcária da chapada do Apodi observa-se a coexistência de solos muito diferentes : solos ferralíticos com concreções ferruginosas e vertisolos (ou solos brutos erodidos).

Os *solos erodidos pouco evoluídos* (ou de transporte e residual) sobre gnaiss são caracterizados por um horizonte A que é muitas vezes de transporte e residual, isto é não proveniente do horizonte C, pouco alterado, mas resultante de uma longa degradação dos solos das superfícies vizinhas.

Os *solos de transporte pouco evoluídos*, geralmente observados sobre material arenoso, denotam pouca alteração e correspondem aos solos lixiviados, pobres em argila, em matéria orgânica e em bases.

Os *vertisolos* são caracterizados pela natureza montmorilonítica da argila, cor escura, pobreza relativa em matéria orgânica, textura fina, ampliada no campo (pela pobreza em areias grossas e estrutura « laminada » da argila) estrutura grosseira, fendas em estação seca, « slickensides » consistência pegajosa e muito plástica quando molhado e grande riqueza em bases.

Os « *Intergrades* » (vertisolos-ferruginoso fersialíticos) possuem numerosas características vérticas menos desenvolvidas que nos vertisolos e possuem horizonte B com intensa coloração : montmorilonita, textura fina, estrutura média, fendas, « slickensides » pouco desenvolvidos, B vermelho, marraço ou amarelado e considerável riqueza em bases.

Os solos ferruginoso fersialíticos são frequentemente muito profundos (3-4 m), unicamente formados sobre rocha cristalina, geralmente ácida. Contêm revestimentos argilosos na parte média do horizonte B que podem estar ausentes na base dos perfis profundos ; os horizontes sem revestimentos e certos perfis profundos assemelham-se pelas suas características morfológicas, físicoquímicas e mineralógicas

aos solos fracamente ferralíticos sôbre arenitos. O ortotipo é vermelho, argilo-arenoso, com estrutura poliédrica média, com poucas fendas, consistência quando sêco pouco dura à dura, pegajosa, e plástica, quando molhado. A relação limo/argila é superior a 20 %; baixo teor em matéria orgânica, ligeiramente ácido, medianamente rico em bases, com um teor de ferro livre medianamente elevado e relação sílica/alumínio ligeiramente superior a 2. A fração argilosa é constituída de kaolinita medianamente cristalizada, associada à illita com um pouco de goetita.

Os solos (*fracamente*) *ferralíticos* são semelhantes aos da África ocidental. Diferenciam-se dos solos ferruginoso ferralíticos pela rocha mãe (arenito), as formas do relêvo (1B ou 2A); a grande profundidade, a presença de pseudo-areira, a estrutura particular, a consistência móvel quando sêco, a grande permeabilidade, a ausência de revestimentos argilosos, os limites difusos; o teor fraco em limo (a relação limo/argila frequentemente inferior à 20), a soma de bases mais baixa, o pH um pouco mais ácido, a relação sílica/alumínio muitas vezes inferior a 2. Porém possuem côm, textura, teor em ferro livre e relação ferro livre/ferro total pouco diferentes. A argila é a kaolinita, frequentemente bem cristalizada com muito pouco de goetita; a gibsitita achase às vezes presente, porém em pequena quantidade.

Os solos *salinos*, geralmente formados de vertisolos hidromórficos ou de solos hidromórficos são caracterizados por uma condutividade superior a 4 mmhos/cm ou uma relação Na/T % superior a 12.

Os *Solonetz solodizados* são os solos que possuem um horizonte A arenoso, bem distinto, em cima de um horizonte B bastante compacto durante a estacaõ sêca. O horizonte A é muitas vezes um horizonte de transporte e residual « lixiviado » com manchas de hidromorfia; o horizonte B não apresenta sempre a estrutura colunar, nem um elevado teor salino.

Os *solos hidromórficos* apresentam manchas de pseudo-glei em profundidade.

O mapa de levantamento à 1/250 000, distingue 7 grandes unidades cartográficas diferenciadas pelos fatores do ambiente ou dos solos com objetivo de utilizaçãõ agrológico: nas 3 primeiras, a finalidade predominante é agrícola. Trata-se de terras pesadas, geralmente aluviais, de terras leves adaptadas ao amendoim, mandioca, abacaxi e de terras medianas apropriadas à cultura de algodãõ-milho-feijãõ. Nas últimas quatro, a finalidade é essencialmente pastoril tratando-se geralmente de superfícies erodidas.

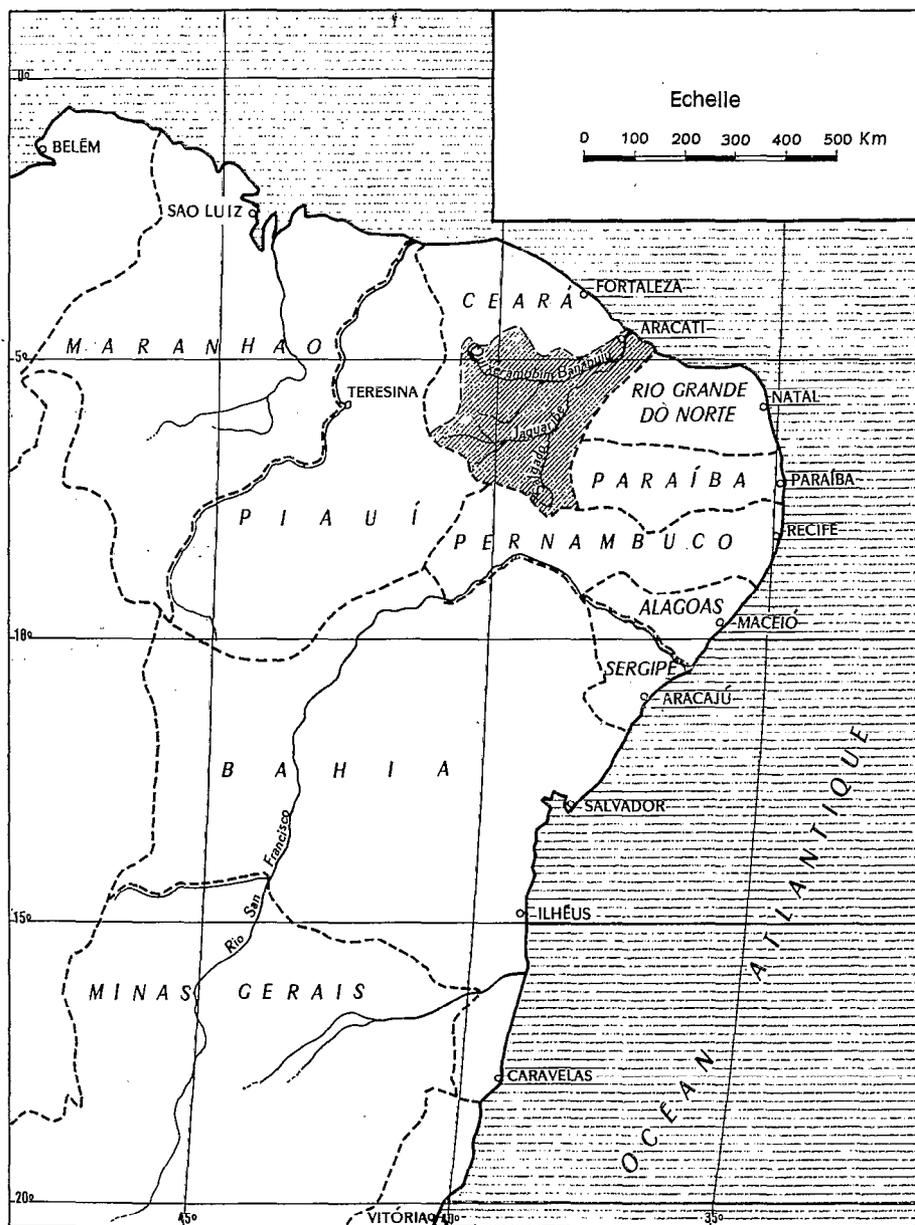


FIG. 1. — Bassin du Rio Jaguaribe, carte de situation.

AVANT-PROPOS

L'étude pédologique du Val du Jaguaribe a été réalisée dans le cadre d'un accord inter-Etats, France-Brésil, aux niveaux des organismes SCET Coop — ORSTOM — GEOTECHNIP et SUDENE par la Section de Pédologie du Groupe d'Etudes du Val du Jaguaribe (GEVJ) pendant une première phase correspondant à la campagne 1963-64.

Ont participé aux travaux, les pédologues E. GUICHARD, F. COLMET-DAAGE, F. BLANGUERNON, Carlos Alberto de OLIVEIRA, Juracy Braga SOARES, Antonio José MARQUES, Jose Vanderlei Andrade SILVEIRA, Jose Maria GOMES, Geraldo Afonso da SILVA, avec la collaboration de P. SEGALEN.

Les documents fournis comprennent la carte à 1/250 000 en quatorze feuilles, le rapport, une carte à 1/1 000 000 et quatre cents profils pour archives.

Les photographies aériennes à 1/70 000 ont été prises par la compagnie d'aviation brésilienne « Cruzeiro do Sul » peu avant et pendant la campagne.

Les fonds cartographiques à 1/250 000 ont été dessinés par la Section Cartographie photointerprétation (GEOTECHNIP) du Groupe à partir de cartes brésiliennes du Service Géographique à 1/50 000 et 1/250 000, ainsi que d'après des réductions de photographies aériennes.

Les données hydrométéorologiques ont été fournies par la Section d'Hydrologie à partir de documents et mesures du DNOCS, de l'Etat du Ceara et autres organismes et d'après des mesures originales.

Les analyses des échantillons de sol ont été effectuées aux laboratoires de l'IPEANE (Curado) à Récife, du Groupe d'Irrigation du Sao Francisco (GISF), de la SCET Coop à Lyon et de l'ORSTOM (SSC) à Bondy.

Nous remercions donc vivement tous les organismes qui ont permis la réalisation de ces études, SUDENE, laboratoires, Sections du Groupe ainsi que les personnalités de l'Etat du Ceara et les techniciens.

Nous sommes heureux de mettre en relief les contacts scientifiques profitables que nous avons eu avec les pédologues du Brésil, le Dr José Oliveira MELO et sa section à Fortaleza (SUDEC), la Division d'Agrologie de la SUDENE, l'IPEANE, la Commission du Sol, le GISF, les présidents et tous les participants du IX^e Congrès brésilien de la Science du Sol.

Cette étude a été achevée de rédiger début 1966.

LES FACTEURS D'ENVIRONNEMENT

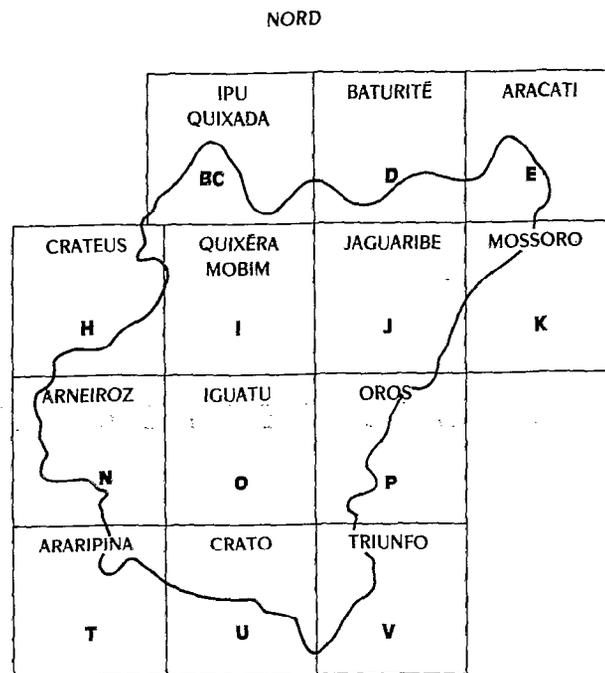


FIG. 2. — Schéma de localisation des profils

(profil E 15 — la lettre correspond à la feuille, le numéro correspond au numéro du profil de la feuille)

SITUATION GÉOGRAPHIQUE — CLIMAT ET HYDROLOGIE

Le val du Jaguaribe est situé dans le « Nordeste » brésilien, au nord-ouest de Récife et au sud de Fortaleza. Inclus dans le « polygone de la sécheresse », il est tout entier à l'intérieur et dans la moitié sud de l'Etat du Ceara.

Il est compris entre 4° et 8° de latitude S et 37° et 41° W de longitude et sa surface est de 75 000 km² environ (1).

LE CLIMAT (2)

Le climat est de type tropical sec avec certains caractères équatoriaux (écrasement des températures). Par rapport à l'Afrique, il se différencie par une baisse brutale de la pluviométrie en fonction d'un faible éloignement de la mer. La saison sèche est marquée par l'absence de nébulosité.

La température moyenne oscille entre 25 et 28°. La moyenne des maxima varie de 30-31° en mai-juin à 35-36° en novembre-décembre. La moyenne des minima suit avec un certain retard et varie de 18 à 20° en juin-juillet à 23-25° en décembre-janvier. L'écart thermique est le plus faible en fin de saison des pluies, en avril-mai.

Les précipitations moyennes annuelles varient de 500 à 1100 mm, avec maximum dans les régions Crato, zone côtière, Pereiro, mais sont caractérisées par une très grande *irrégularité interannuelle*, car le maximum de pluviométrie est le double de la moyenne, et le minimum est compris entre 30 et 50 % de la moyenne. La répartition des pluies est peu variable : saison des pluies de janvier à avril dans le Sud, à février-mars dans le Nord.

Mesurée sur bacs flottants, l'évaporation varie de 2 100 à 2 380 mm par an et d'un minimum de 135 mm en avril à un maximum de 215-240 en octobre.

L'hygroscopicité peut descendre à 50 % en saison sèche.

L'action éolienne est peu importante sur l'ensemble du bassin, sauf dans la zone côtière où les vents d'Est forment une dune vive dont la progression est très sensible dans le delta du Jaguaribe.

RÉGIME HYDRIQUE (2)

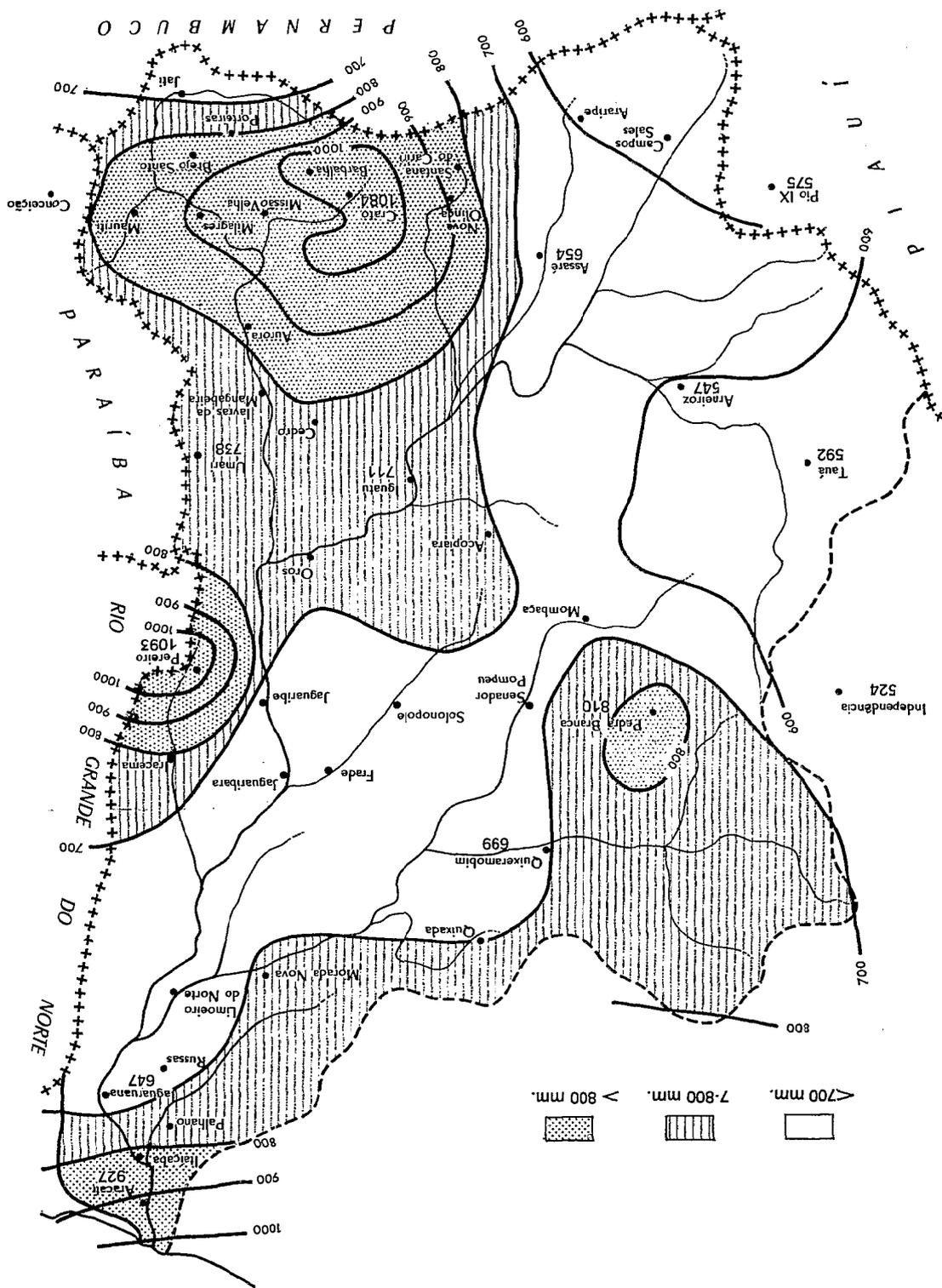
Le « rio » Jaguaribe est le fleuve à écoulement temporaire le plus grand du monde.

L'écoulement ne commence en début de saison que lorsque les précipitations ont franchi un certain seuil constitué par l'évapo-transpiration et la capacité d'emmagasinement du sol. Ces précipitations survenant au plus fort des températures, les 500 premiers mm sont pratiquement perdus pour l'écoulement.

(1) Le Brésil a une surface de 7 millions de km² environ.

(2) Ce chapitre est traité amplement dans le rapport et la monographie du val du Jaguaribe par la Section d'Hydrologie. ORSTOM 1965.

Fig. 3. — Carte des isohyètes.



De plus, une période creuse dans les précipitations au cours de la saison sèche fait perdre à l'écoulement le bénéfice acquis lors de la phase précédente.

En conséquence, les années de faible pluviométrie donnent lieu à un ruissellement négligeable ; les années de pluviométrie faible et concentrée (300-400 mm) donnent les mêmes résultats que les années de pluviométrie plus forte (500-700 mm) mais dispersée ; tandis que les années de pluviométrie forte (1 500 mm) et concentrée donnent lieu à un écoulement important.

Voici donc, à titre d'exemple, un tableau montrant la corrélation entre la pluviométrie, le volume d'eau écoulé et le coefficient d'écoulement.

Période	Moyenne de la pluviométrie-mm	Volume écoulé 10 ⁶ m ³	Coefficient d'écoulement %
1923-24	1 228	6 833	21
1921-58	654	947	5,5
1941-42	328	10	0,15

Les régimes des cours d'eau sont donc caractérisés par leur extrême variabilité, plus grande que celle de la pluviométrie et leur tarissement très rapide.

RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE

Le « rio » Jaguaribe mesure environ 600 km de longueur. Il prend sa source à l'ouest du bassin, à l'amont de Taoua. Il coule d'abord vers le sud-est, puis une longue courbe de Taoua jusqu'à la confluence avec le rio Salgado le ramène en direction du nord-est, qu'il conserve jusqu'à la mer.

Sa vallée est généralement étroite et déblayée d'alluvions ; sauf dans le bassin d'effondrement d'Iguatu, barré à l'aval par les montagnes d'Oros, où il divague au milieu de mares et de lacs et dans le bas-Jaguaribe, depuis sa confluence avec le rio Banabuiu jusqu'à la mer où sa vallée s'élargit jusqu'à 12 km.

Ses deux principaux affluents sont : le rio Salgado sur la rive droite confluant un peu à l'aval d'Oros et qui draine le sud-est du bassin depuis Lavras de Mangabeira, jusqu'à Crato et Milagres et le rio Banabuiu, sur la rive gauche, qui passe à Senador Pompeu, grossi du rio Quixeramobim prenant sa source dans le nord du bassin. Parmi les affluents de moindre importance signalons, à droite et à l'amont, les rios Juca et dos Bastiões et à gauche et à l'aval, le rio Palhano.

La morphologie du réseau hydrographique est souvent en corrélation avec la nature des formations géologiques, le modelé, les sols, le couvert arbustif et le degré d'érosion. Sur les plateaux gréseux subhorizontaux de Araripe (au sud), de Serra Grande (à l'Ouest) et calcaires d'Apodi (à l'aval), portant des sols ferrallitiques, le réseau est pratiquement nul. Sur les grès inférieurs d'Araripe, à modelé 2A ⁽¹⁾, il est orienté, peu ramifié et marqué par des vallées relativement larges et remplies d'alluvions. Par contre, sur les schistes peu métamorphiques de Ingazeiras, portant des sols peu évolués d'érosion, avec couverture végétale dense, il est très dense, très dichotomique et peu orienté. La dichotomie est encore plus poussée dans les faciès « badlands », sur séricito-schistes, dans la région au nord de Lavras de Mangabeira. Sur le socle cristal-

(1) voir chapitre de géomorphologie.

lin, constitué généralement de gneiss (à migmatites) et portant vers l'amont surtout des sols ferrugineux fersiallitiques, il est intermédiaire et l'orientation est variable, souvent imposée par des failles (Senador Pompeu) ou des barrières rocheuses (Oros).

On observe de nombreuses mares et lacs dans le bassin d'effondrement d'Iguatu, le bas-Jaguaribe et sur les dépôts « Barreira » à gauche du Banabuiu et du Jaguaribe de Quixada à la mer.

Enfin, de très nombreux barrages en terre (açudes) ont été construits par l'homme, depuis une date récente (50 ans), jusque sur les plus petits affluents, afin de constituer des réserves d'eau pour l'homme et les animaux, pour les périodes sèches. Des barrages de moyenne importance existent à Quixeramobim, Solonopole, Nova Floresta, sur le rio Palhano et à Cedro (en pierre), près de Quixada et des grands barrages à Oros et à Banabuiu.

LA ROCHE MÈRE

Les formations géologiques sont assez variées. Elles comprennent des formations cristallophylliennes (et roches éruptives) et des formations sédimentaires.

Les premières sont des gneiss (à migmatites), des granites, des roches basiques, des cipolins, des schistes et micaschistes.

Les secondes sont généralement des arénites (grès, formations détritiques), des calcaires, marnes, argilites, des alluvions et des dunes.

FORMATIONS CRISTALLOPHYLLIENNES ET ROCHES ÉRUPTIVES

Les *gneiss* antécambriens dominent très largement sur le bassin. D'après la littérature dans cette région du Brésil, ils ont reçu généralement des intrusions feldspathiques et sont appelés aussi migmatites ou embréchites. On observe généralement une structure orientée vers le nord-est et l'est et un très dense réseau de failles.

Les *granites* et les *microgranites* sont assez voisins du point de vue de l'altération ; ce sont des roches acides et les granites sont souvent porphyroïdes, à gros cristaux de feldspath. Ils sont représentés à Juatama, Senador Pompeu, dans le Pereiro, à l'ouest du bassin et au sud-est de Mauriti. Ils n'ont pas l'orientation des gneiss et se présentent souvent en forme d'inselberg, analogues aux « pains de sucre » de Rio.

A ces roches, à dominance acide, s'opposent des roches basiques assez peu représentées : *amphiboles*, *diorites*, *gabbros* que l'on observe au nord de Quixeramobim ; de Senador Pompeu, au sud-ouest d'Acopiara, sous forme de filons dans le socle cristallin « pénéplané ». Des *magnésites* à José de Alencar et des *cipolins* (calcaires cristallins) à l'est d'Altaneira. A Quixada, nous avons observé une roche basique particulière qui se présente soit sous forme d'inselbergs, soit dans un modelé de pénéplaine : c'est une *diorite granitique porphyroïde*, c'est-à-dire une roche à gros cristaux de feldspath noyés dans une pâte amphibolitique avec très peu de quartz et de micas (biotite).

Parmi les roches phylliteuses, il faut citer les *schistes de Ingazeiras*, qui sont bien représentés dans le Cariri. Ce sont des schistes argileux, peu métamorphisés, bien délités en surface en plaquettes grises, souvent riches en filons de quartz et avec un pendage incliné à subvertical.

Les *micaschistes* sont moins homogènes. On les observe à Saboeiro, au sud de Cariri ; mais ils passent souvent à des gneiss basiques de Quitaius à Lavras, vers José de Alencar, vers Mangabeira, vers

Quixada, au nord-ouest du bassin ; et à des pegmatites vers Assaré. Ils sont souvent armés de quartzites (ou de gneiss) et forment des montagnes (nord de Saboeiro) ou des arcs montagneux à section triangulaire (Carius Banabuiu).

LES FORMATIONS SÉDIMENTAIRES

Les formations sédimentaires constituent un ensemble qui peut être classé de différentes manières :

En fonction de la taille des éléments (MILLOT, 1964), on distingue les rudites, les arénites et les lutites. Les *grès conglomératiques* appartiennent à la première catégorie.

Entre la première et la deuxième se placent des « *grès hétérogènes* », à lits alternés, avec des galets, peu consolidés, des formations Iguatu, Ico, Icozinho, Umari, Juca. Dans la deuxième, se placent les *grès* des séries Serra Grande et Araripe ; des *dépôts sableux* (ou grès), consolidés ou non de la série Açú ; des *dépôts plus ou moins sableux* (hétérogènes à la base), non consolidés, des séries Moura et Barreira ; des dépôts sableux au sud de Banabuiu ; des sables, non consolidés, *dunaires*. Les *alluvions*, dépôts récents non consolidés, suivant leur texture, se rangent soit dans la deuxième, soit dans la troisième catégorie. Enfin, dans les lutites prennent place les *argilites, marnes et calcaires* (série Apodi).

En fonction de l'âge des formations : Dévonien (Serra Grande) ; Crétacé (série Araripe, formation Iguatu, série Apodi) ; Tertio-quaternaire (formation Moura, série Barreira) ; récent (alluvions, dunes).

En fonction du mode de dépôt : Lagunaire (Serra Grande (?), Araripe, Apodi) ; continental (formation Iguatu, Moura) ; côtier marin (Barreira) ; fluvial (alluvions) ; côtier éolien (dunes).

En fonction de la situation géographique, on distingue cinq grands groupes ou séries Serra Grande, Araripe, Iguatu, Apodi, Barreira et quelques petites unités, Ico, Icozinho, Umari, Juca, Sitia, Tarafas, Banabuiu.

Enfin, et c'est ce qui nous intéresse particulièrement, en fonction de l'altération : sols peu évolués d'érosion sur les grès conglomératiques et hétérogènes ; sols bruts à peu évolués d'apport sur les dunes, la série Banabuiu et sur les alluvions sableuses à limoneuses ; vertisols sur les argilites, marnes et par place sur calcaires et alluvions ; sols ferrallitiques sur arénites des séries Serra Grande, Araripe, Açú, Moura, Barreira, et sur calcaires d'Apodi.

Grès conglomératiques - « Grès » hétérogènes

Les *grès conglomératiques* sont surtout représentés dans le Cariri, où ils forment une large auréole entre les schistes d'Ingazeiras et les grès inférieurs ; ils apparaissent aussi vers Nova Olinda et à la limite sud du bassin ; dans deux bassins d'effondrement voisins, au milieu des schistes, dont l'un à Barro ; dans le bassin du rio Sitia, au sud-est de Quixada et au fond de la vallée dos Bastiões entre Carius et Tarafas.

Autour des grès inférieurs, les grès conglomératiques (qui, à l'Est, passent parfois à un faciès gréseux) sont des roches consolidées, siliceuses, de tendance arkosique, à texture sableuse de sables quartzueux moyens à grossiers, mélangés de galets de quartz ou de quartzite, roulés, bien arrondis ou aplatis de 2 à 8 cm³ (parfois de 1 à 15). La roche résiste bien à l'érosion et les formes résiduelles sont des bancs au ras du sol, à auréoles rouille ou des collines souvent limitées par des falaises abruptes. En surface, la roche est souvent d'un gris sale, provenant de l'action des intempéries et d'une couverture d'algues ou lichens qui l'enveloppe comme une gangue. Sous l'action de l'érosion, on observe souvent une différenciation de la roche nue en surface, parfois recouverte d'un résidu de petits galets d'une part, et d'autre part de poches ou de nappes de sables en bas de pente, blancs, très siliceux et très pauvres en argile. Ces roches ont dû être affectées de mouvements tectoniques, car on observe des failles vers Mauriti, Milagres et Brejo Santo.

Ces grès reposent en discordance sur les schistes de Ingazeiras et sont surmontés en concordance par les grès inférieurs. Ils appartiennent à la série Araripe (Crétacé) ne contiennent pas de fossiles et sont datés par analogie.

Les « grès » *hétérogènes* occupent des petites surfaces dans les bassins d'Iguatu (formation Iguatu) Ico, Icozinho, Umari, Rio Juca. Ils sont constitués de couches alternées, peu épaisses, inclinées, plus ou moins dures, colorées, à texture variable et hétérogène (sables fins, argiles, galets).

Arénites

SÉRIE SERRA GRANDE

Cette formation, d'âge dévonien (datée par des fossiles), constitue la limite ouest du bassin avec l'Etat du Piauí, sous la forme d'un plateau subhorizontal, culminant vers 700 m d'altitude (1). Ces grès sont généralement très siliceux, parfois conglomératiques. Les bordures des plateaux sont ruiniformes et limitées par des falaises.

SÉRIE ARARIPE

Elle comprend deux étages, les *grès inférieurs* et les *grès supérieurs*, séparés par une série calcomarneuse de *Santana*, contenant des poissons fossiles ; les grès sont donc datés par analogie, car ils ne contiennent pas de fossiles et sont d'âge crétacé ; les grès inférieurs font suite aux grès conglomératiques.

Les grès supérieurs ont la même morphologie que ceux de la série Serra Grande : plateau subhorizontal, limité par une falaise ; les grès inférieurs correspondent à un modelé 2A (2). Les grès supérieurs ont une puissance de 300 m vers l'est et leur épaisseur va en diminuant vers l'ouest. Les grès inférieurs ont une épaisseur estimée de 100 à 250 m. L'étage supérieur est très visible dans les falaises découpées par l'érosion ; c'est un grès ferrugineux rouge à rose-violacé, moyennement consolidé (se casse au marteau), à pendage subhorizontal, riche en sables moyens, avec parfois quelques galets ; moins siliceux que les grès de Serra Grande, mais moins argileux que les dépôts « Barreira » de la côte humide (Récife). L'étage inférieur est rarement observé, car il est caché par le manteau épais de l'altération ; mais il est considéré comme analogue lithologiquement à l'étage supérieur.

Des plateaux résiduels isolés existent sur le socle cristallin, entre la série Serra Grande et Araripe, ainsi qu'au nord de Campos Sales, autour d'Altaneira et à Caririaçu. Dans ces derniers, les grès sont plus fins (grès « kaolinique »), doux au toucher, de couleur analogue, avec des passées blanches.

AUTRES PLATEAUX VESTIGES

Probablement d'âge crétacé, ils culminent au sommet des montagnes, dans le Pereiro et au nord-est de Saboeiro.

SÉRIE AÇU

Elle est probablement d'âge crétacé. Elle s'étend à l'aval, à l'est d'Alto Santo, accolée au plateau d'Apodi. Elle se poursuit à l'extérieur du bassin dans le Rio Grande do Norte. Dans le bassin, la roche mère n'a pas été observée, car elle est recouverte par le manteau d'altération. Au sud, il semble qu'elle surplombe les gneiss par une falaise assez peu marquée. Le manteau d'altération et le modelé sont analogues

(1) Les points les plus hauts du bassin correspondant à des roches sédimentaires (Serra Grande, Araripe)

(2) Voir plus loin, chapitre « Géomorphologie ».

à ceux de la série Barreira ; le réseau hydrographique est légèrement plus marqué sur la série Açú. Deux surfaces-vestiges isolées apparaissent au-dessus des gneiss, en position haute entre Potiretama et Alto Santo ; à l'amont de Potiretama, il reste des vestiges très dégradés.

FORMATION MOURA

Elle est située dans le groupe Iguatu. Elle constitue des petites surfaces en position haute ou « tabuleiros » à modelé 2A. Son épaisseur serait de 100 m. C'est un matériau non consolidé, à stratification entrecroisée et dont la base est hétérogène avec des galets ; il se confond avec le sol et la partie supérieure est un sable rouge analogue à la série Barreira. Dépôt continental, il serait d'âge analogue, tertio-quaternaire.

SÉRIE BARREIRA

La série Barreira s'étend sur la zone côtière entre Rio de Janeiro et Fortaleza au moins. Sa largeur est généralement peu importante, de l'ordre de la dizaine de km ; mais dans le bassin, elle s'étend sur au moins 150 km de Quixada à la mer. A l'amont, vers Quixeramobim, on observe quelques surfaces isolées qui pourraient lui appartenir. Elle ne forme pas une surface d'un seul tenant car elle a été attaquée par l'érosion ; elle est nette sur la rive droite du Jaguaribe, entre Jaguaruana et la mer, recouverte par places par des dunes fixées. Sur la rive gauche, elle forme une bande discontinue entre l'embouchure et Quixada, et deux bandes entre les « rios » Jaguaribe et Banabuiu. Des vestiges de sables blancs, des sols ferrallitiques à concrétions, des nappes de galets résiduels existent en position haute et indiquent des restes de la série.

Cette série est considérée d'âge quaternaire, malgré l'absence de fossiles. Elle correspondrait au Continental Terminal en Afrique. Elle se serait déposée sur la plate-forme continentale.

Au barrage d'Itaïçaba, son épaisseur est de 17 m environ. A Majorlandia (profil E5), elle domine la mer par une falaise de 10 m environ. Son épaisseur décroît vers l'amont. Elle recouvre le socle cristallin et le domine en position haute.

C'est un matériau non consolidé, dont la base peut aussi se confondre avec le sol. Il comprend généralement deux parties (1) : en haut, un sable rouge (2,5 YR 5/8) (2) de 8 m d'épaisseur à Itaïçaba (correspondant à un sol faiblement ferrallitique) ; en bas, un matériau hétérogène, à sédimentation entrecroisée, avec des passées sableuses, argilo-sableuses à argileuses, avec des galets, formant un horizon tacheté à taches rouges, blanches, verdâtres et reposant sur le gneiss dans le lit du fleuve (profil E1). L'horizon tacheté est souvent observé aussi en position haute, au contact du gneiss.

Mais la série a été souvent attaquée par l'érosion. C'est ainsi que le matériau supérieur rouge peut être absent et l'horizon tacheté reposer seul sur le gneiss (profil E19). En bas de pente, les sables colluvionnés sont souvent dégradés et lavés, sables beiges et blancs. Des sables résiduels existent par places en position haute sur les « paléoglacis » cristallins et parfois ils concourent à la formation de solonetz solodisés. Des nappes de galets, en couronne autour de la série, parfois sur le cristallin, marquent sa régression. Quand elle est peu épaisse sur le cristallin (entre Morada Nova et Quixada), on observe à l'intérieur tout un système de mares, colmatées de matériaux fins argileux, avec le gneiss en profondeur.

Des cuirasses ou des sols résiduels à concrétions ont été observés parfois à Muxiopo (près de Quixada) sur la route Russas-Fortaleza (à la limite du bassin).

Dans la zone de fluctuation de la mer, on observe parfois un durcissement du matériau, également observé à Récife et Macéio (3).

(1) Observation analogue signalée par les géomorphologues à Bahia, Récife. BIROT, DRESCH, 1957.

(2) Code de couleur. Munsell soil color charts.

(3) Voir la formation « grès de plage », signalée par J. TRICART et A. CAYEUX, 1965.

SÉRIE BANABUIU

Elle est observée au sud de Banabuiu. C'est une série à modelé 2A (1) située en position haute sur le gneiss (à granite). Le matériau se confond avec le sol. C'est un sable peu profond (de l'ordre de 2 à 3 m), clair, sur lequel s'est développé un sol peu évolué d'apport.

DUNES

Les *dunes fixées* s'étendent sur la rive droite du Jaguaribe, à l'aval de Jaguaruana. Elles recouvrent, par places, la série Barreira et ne présentent pas un dénivelé très marqué par rapport à l'environnement.

La *dune vive* s'étend au bord de la mer, jusque dans l'embouchure du fleuve où elle tend à boucher le lit mineur. Son orientation correspond à l'action d'un vent d'est dominant et elle recouvre, par places, la série Barreira qui forme une petite falaise sur la mer.

Alluvions

Les alluvions occupent environ 8 % de la surface du bassin. Elles ont quelque importance dans le bas Jaguaribe, la région d'Iguatu et dans le Cariri (vers Crato, Juazeiro, Milagres, Mauriti, Jardim). Parfois, des dépôts d'argilite ou de marnes situées en position topographique basse, se confondent avec les alluvions.

Lutites

Elles sont localisées dans les trois groupes Araripe, Iguatu, Apodi.

Argilites

Elle constituent des passées lenticulaires dans les grès inférieurs d'Araripe. Elles sont bien représentées sur la feuille de Triunfo. Ce sont des roches tendres (ou schistes très argileux), litées, non stratifiées, peu à pas calcaires, brun-rouge (2,5 YR 4/4) avec des passées verdâtres, à structure cubique moyenne à fine, à plans lisses et angles vifs, riches en montmorillonite.

MARNES

La *série Santana* est essentiellement constituée de marnes. Cette série d'âge crétacé est comprise en concordance entre les grès inférieurs et supérieurs d'Araripe. Elle affleure principalement dans la région de Santana et par places dans la serra de Maozinha, à Porteiros et Jardim : par ailleurs, elle est recouverte par les éboulis des grès supérieurs. Les marnes sont de couleur vert-olive, peu calcaires et portent des sols analogues à ceux des argilites (vertisols). Ils contiennent de très nombreux « nodules calcaires », renfermant des poissons fossiles qui ont permis de dater la série. La série contient également des passées calcaires, des schistes gris, des schistes bitumineux et du gypse. Cette série imperméable arrête les eaux de percolation interne, provenant de la table supérieure des grès, qui réapparaissent en surface sous forme de sources.

On observe également des marnes, de même âge, dans la formation Iguatu et dans le bas Jaguaribe, sur la rive droite entre Jaguaruana et Limoeiro. Elles sont de couleur vert-olive avec, parfois, des cailloux calcaires résiduels en surface.

(1) Voir plus loin, chapitre géomorphologie.

CALCAIRES

Ils sont représentés dans le groupe Apodi, d'âge crétacé, où ils forment la partie supérieure de la série Jandaíra. C'est un modelé de plateau horizontal qui se termine sur les bords par une falaise. Le matériau est très dur et d'une couleur gris-blanc.

Au-dessous, on observe un calcaire blanc, assez tendre, pulvérulent, avec des fossiles de lamellibranches.

Au-dessous, le matériau est plus hétérogène. C'est un niveau calco-gréseux de grès fins, un peu calcaire, rouge à rose violacé avec des passées de marnes ou d'argilites rougeâtres. Il s'étend jusqu'aux alluvions du Jaguaribe, dans un modelé à faible pente, concave, recouvert par places par des sables résiduels.

RÉSUMÉ DES PRINCIPALES FORMATIONS SÉDIMENTAIRES

Elles sont groupées dans le tableau suivant indiquant leur nature et leur âge.

Age	Groupe Serra Grande	Groupe Araripe	Groupe Iguatu	Groupe Mpodí	Groupe Barreira
Tertio- quaternaire			Formation Moura, dépôts continentaux (sables argiles).		Série Barreira (Sables, matériel argilo-sableux, galets).
Crétacé		Grès supérieurs. Série Santana (marnes, calcaires gypse, fossiles). Grès inférieurs. Grès conglomératiques.	Formation Iguatu (grès, argiles, marnes).	Calcaire Jandaíra (fossiles). Grès Açú.	
Dévonien	Formation Serra Grande (grès siliceux, fossiles).				

GÉOMORPHOLOGIE

LE MODELÉ

Les formes du relief sont particulièrement intéressantes à définir, car elles sont souvent en corrélation avec la nature de la roche et de l'altération.

Modelé 1A. Il correspond à des surfaces planes en position basse. Il s'agit des alluvions, relativement importantes dans le bas-Jaguaribe, Iguatu-Ico et le Cariri (1).

(1) Sur les marnes de la feuille de Triunfo, à Iguatu et dans le bas Jaguaribe, on observe parfois un modelé extrêmement peu marqué, compris entre 1A et 2A.

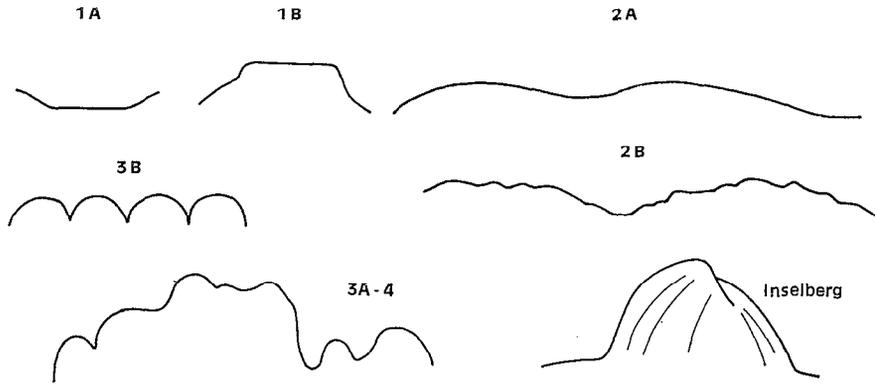


FIG. 4. — Modelés.

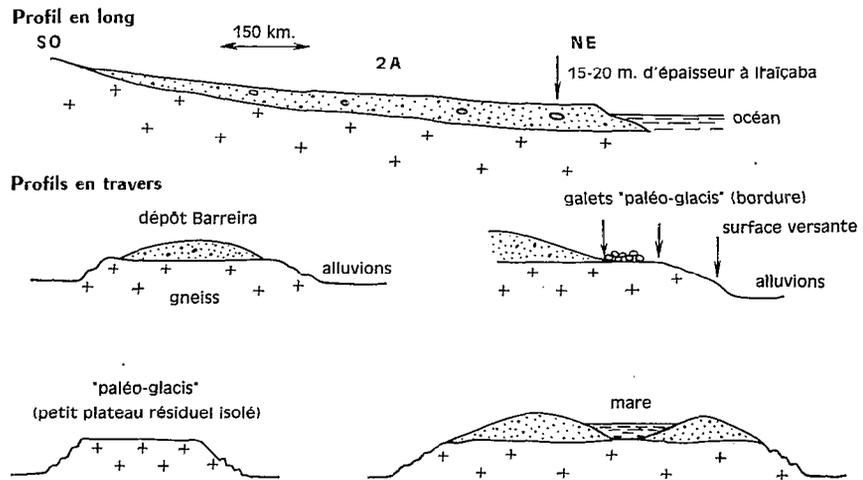


FIG. 5. — Série Barreira.

Modelé 1B. Il correspond à des surfaces planes, en position haute. Ce sont les plateaux appelés « chapadas » par les géographes brésiliens : chapadas d'Apodi, d'Araripe et de Serra Grande ; et des plateaux reliques, très entamés par l'érosion entre la Serra Grande et Araripe, autour d'Altaneira, au nord-est de Saboeiro et dans le Pereiro.

Le réseau hydrographique est nul sur le sommet des plateaux, car le drainage externe est faible à nul par suite de l'absence de pentes ; le drainage interne est maximum dans les arénites, moins rapide dans les calcaires.

Les plateaux se terminent par un rebord en « cuesta ». Dans la partie est d'Araripe, la falaise mesure 100 à 200 m de hauteur ; elle diminue vers l'ouest. Dans la chapada d'Apodi, le rebord est moins élevé, car vers Limoeiro, la dénivellée entre le plateau et les alluvions est de 70 m environ, dont la plus grande partie correspond aux « éboulis ». Sur le plateau résiduel peu épais d'Altaneira, c'est un niveau de concrétions et cuirasses, au contact du socle cristallin qui s'oppose à l'érosion ; ce qui conduit à la formation d'un angle de 30 à 45° entre les « éboulis » et l'horizontale du sommet du plateau. La dégradation de ces surfaces se fait donc par les bords et par érosion régressive.

Ce modelé correspond à des arénites pour les chapadas Serra Grande et Araripe et à des calcaires durs pour la chapada d'Apodi. Les sols sont des sols ferrallitiques.

L'altitude est la plus élevée du bassin sur la Serra Grande et Araripe, soit 700 m environ (1) ; il est intéressant de noter que ces deux plateaux sédimentaires sont à une altitude analogue (bien que d'âge géologique très éloigné) et qu'ils sont plus hauts que les collines et montagnes gneissiques. Sur la « chapada » de Apodi, l'altitude varie de 20 m à l'aval à 80 m environ à l'amont.

Modelé 2A. Ce modelé correspond à des surfaces très légèrement ondulées. Ce sont des pénéplaines molles, à pentes convexes et concaves sensiblement égales et très faibles. Les dénivelées entre les points hauts et les points bas sont faibles et de l'ordre de la dizaine de mètres. Ces surfaces se raccordent normalement aux vallées alluviales, sans falaise, terrasse ni bordure marquée.

L'altitude varie suivant la position géographique de 0 à 400 m environ.

Ces surfaces sont développées sur des arénites et portent généralement des sols ferrallitiques. On les observe sur les grès inférieurs Araripe et par places aux environs de Campos Sales, sur la série Moura, Açú, Barreira et Banabuiu.

La série Barreira a une épaisseur qui décroît de l'aval vers l'amont ; elle a donc une section longitudinale triangulaire, biseauté à l'amont. La dégradation est plus avancée à l'amont, à l'inverse de l'érosion régressive, qu'à l'aval ; mais elle se fait de l'extérieur vers l'intérieur, à cause de la nature perméable du matériau qui s'oppose à cette dégradation.

Le réseau hydrographique est très peu dense et orienté ; la ramification est très faible dans le Cariri où l'on observe des vallées larges peu ramifiées.

Sur la série Barreira, et plus particulièrement entre Morada Nova et Quixada on observe un système de mares situées en position haute (à l'inverse des mares alluviales d'Iguatu ou du bas Jaguaribe). Elles sont en boutonnière à l'intérieur des dépôts Barreiras et leur nombre semble d'autant plus grand que l'épaisseur de la série détritique reposant sur le socle gneissique est plus petite. C'est ainsi qu'elles sont rares vers l'aval où l'épaisseur de la série est relativement grande, et dans les bandes comprises entre les fleuves Jaguaribe et Banabuiu. Elles ont une forme ovale et arrondie, mesurent 1 à 3 km de diamètre et sont bordées par le matériau sableux qui le domine de 2 à 3 m, avec des pentes faibles. Elles sont souvent en eau pendant la saison sèche et tapissées, au fond, de dépôts argileux (parfois vertisols) de quelques mètres d'épaisseur.

(1) Ce sont les valeurs que l'on peut lire sur la carte topographique au 1/500 000 de l'état du Ceará ; mais il semblerait que la bordure est de la chapada de Araripe soit à une altitude de 950 m.

Très généralement, le socle cristallin est à faible profondeur (observé dans les puits) ou pointe en surface sous forme d'affleurements rocheux. Elles sont reliées entre elles par un réseau hydrographique actuel ou fossile très peu visible. Parfois à l'amont, sur des surfaces résiduelles (« paléoglacis ») cristallines, déblayées de couverture détritique, elles se sont conservées mais sont de petites dimensions. En définitive, ces mares sont l'indice d'une zone de contact entre deux roches mères superposées, c'est-à-dire d'une *surface de contact*.

VARIANTES

— Sur les grès conglomératiques du Cariri, on observe par places un modelé à lignes plus courtes et plus anguleux.

« *Surface de contact* » ⁽¹⁾ : c'est un modelé subhorizontal, assez mou et faiblement convexe, situé en position haute ⁽²⁾ par rapport aux surfaces cristallines inférieures, mais lui-même dominé par la série Barreira. On l'observe à l'aval, dans la zone de la série Barreira, sur les feuilles de Jaguaribe, Baturité, Aracati. Les surfaces sont d'un seul tenant, mais souvent elles sont situées en bordure de la série Barreira. Géologiquement, elles sont constituées de deux roches mères superposées, mais la série détritique est peu épaisse, car elle a été dégradée par l'érosion.

Par rapport à un gradient d'érosion, elle s'inscrit entre la série Barreira et le paléoglacis. On y observe souvent, en surface, des nappes résiduelles de galets ou des mares ⁽³⁾. Les sols sont souvent des sols ferrallitiques résiduels, à gravillons ou cuirasses, des sols ferrallitiques hydromorphes (où l'horizon tacheté correspond au niveau inférieur de la série Barreira) et aussi des sols plus récents, peu évolués d'érosion, solonetz solodisés, et parfois peu évolués d'apport en bas de pente.

« *Paléoglacis* » ⁽⁴⁾ : c'est un modelé cristallin subhorizontal, plat, en position haute et peu étendu. Il représente un stade plus avancé dans la dégradation que la « surface de contact », car le socle cristallin n'y est plus recouvert par des vestiges de série détritique, qui ont été balayés par l'érosion. Il se présente soit sous le faciès *bordure* : il entoure alors en partie la surface de contact ou la série Barreira et constitue un replat entre la surface légèrement convexe et la surface versante du « rio » à pente relativement forte ; soit sous le faciès *petit plateau* isolé, entouré de surfaces versantes. Les dénivelées avec les rios sont faibles et de l'ordre de la dizaine de mètres. Ce modelé s'observe dans la zone des surfaces de contact à l'aval et par places, à l'amont de bassin (sous le faciès petit plateau isolé). Les sols sont généralement des solonetz solodisés, des sols peu évolués d'érosion (à profil A II C, parfois A II BC), parfois des intergrades, vert.-ferrug. fersial.

— Un modelé 2A parsemé d'inselbergs granitiques s'observe entre Quixeramobim et Senador Pompeu, sur le socle cristallin avec des solonetz solodisés et par places des sols ferrugineux fersiallitiques et autour (et au Nord) de Quixada, sur une surface relativement basse, où les vallées sont encombrées d'alluvions avec des sols peu évolués d'érosion.

Modelé 2B. L'orthotype de ce modelé s'observe sur la feuille de Jaguaribe où il correspond au *Sertaõ typique*. C'est une surface jeune (par érosion), peu ondulée, dont la ligne générale est un peu analogue à celle du modelé 2A, mais plus anguleuse avec des pentes assez raides sur les versants des rios. On l'observe aussi en partie sur les feuilles Oros et Quixeramobim et à l'Ouest sur les feuilles Crateus et Arneiroz. A l'aval le

(1) Surface où l'on peut observer dans une coupe pédologique la superposition, le *contact* de deux roches mères.

(2) de la pénéplaine.

(3) Dans la cartographie, entre Morada Nova et Quixada, surface de contact et série Barreira ont été associées en complexe par suite de la difficulté de différenciation à l'échelle de la carte.

(4) La position perchée et la forme subhorizontale de ce modèle suggère une genèse ancienne sous un écoulement en nappe, d'où le nom de « paléoglacis ».

modelé est situé à une altitude variant de 50 à 200 m. La roche est le gneiss et les sols sont des sols peu évolués d'érosion, indiquant une surface bien rajeunie. Le réseau hydrographique est plus dichotomique que dans les surfaces 2A et il s'apparente à celui des surfaces 3A à 4.

VARIANTES

— Sur le bassin versant du rio Palhano entre les surfaces de contact ou la série Barreira et les vallées, l'on observe un modelé analogue au précédent, mais moins rajeuni, sur roche gneissique, avec par places des nappes de sables provenant de la dégradation de la série Barreira, où les sols sont des solonetz solodisés et des sols peu évolués d'érosion (à profil AC ou A II C).

— Au nord de la feuille Quixeramobim et sur Ipu-Quixada, le modelé 2B correspond à une pénéplaine assez dégradée, car l'on y observe peu de paléoglacis, mais moins que l'orthotype par suite de sa position plus à l'amont. La roche est gneissique ou à passées basiques et les sols sont des intergrades vert.-ferrug. fersial. ou des sols peu évolués d'érosion.

Modelé 3A - 4. Ce modelé représente des surfaces très ondulées, à relief de plus en plus marqué avec des lignes de crêtes et réseau hydrographique orienté (parfois aussi par des failles et des barrières rocheuses) ; il correspond aux collines et montagnes. L'altitude varie de 300 à 700 m dans les interfluves et de 200 à 400 m environ dans le plan du réseau hydrographique. Ce modelé s'étend à l'amont du bassin, c'est-à-dire d'une ligne Boa Viagem-Ico, incluant par places des pénéplaines 2B à 3A peu élevées et moyennement ondulées.

A l'aval du bassin, les reliefs de collines ou de montagnes se différencient nettement de l'environnement à pénéplaines basses 2B : par exemple, le « horst » du Pereiro (700 m d'altitude), l'arc Oros-Banabuiu, les reliefs de Quixada et Juatama, les montagnes de Itatira (500-600 m) et Monsenhor Tabosa (400-500 m). A l'amont, la différenciation avec l'environnement est moins nette, car la planation est moins avancée ; on observe cependant des régions montagneuses vers Pedra Branca (500-600 m), Farias Brito et Caririaçu (700 m). La roche est généralement le gneiss et les sols dominants sont des sols ferrugineux fersiallitiques avec, par places, des intergrades vert.-ferrug. fersial. ou des sols peu évolués d'érosion.

Modelé 3B. Ce modelé représente des surfaces très ondulées, courtes, à sommet convexe et pentes fortes, à réseau hydrographique non orienté et très densément dichotomique, à vallées très nombreuses, étroites, et sans alluvions. Il s'est développé sur les schistes de Ingazeiras, dans le Cariri (feuille de Crato et Triunfo) ; matériau tendre, homogène, et peu faillé. Les sols sont des sols peu évolués d'érosion. L'altitude est de 300 à 400 m.

Ce modelé est analogue (bien que les surfaces soient plus petites) aux « demi-oranges » signalées par les géomorphologues dans le sud brésilien, vers Rio de Janeiro, Saõ Paulo et aussi vers Récife, en particulier sur la série Barreira. Vers Récife, le sommet n'est pas tout à fait arrondi, mais plat et porte le nom de « tabuleiro », le fond est plat et rempli d'alluvions. Pourtant, la différence avec le modelé 3B est importante en ce qui concerne les facteurs de formation : à Récife, le climat est plus humide (2 000 mm) avec une saison sèche peu marquée ; la roche mère Barreira est relativement meuble ; les sols ferrallitiques y sont assez profonds (au moins 2 m) et moyennement perméables.

Ce modelé représente un terme d'évolution plus marqué que la forme 2A qui est elle-même une forme de dégradation du modelé 1B.

VARIANTE C

Le relief des « Bad-lands » observé sur micaschistes, sérécito-schistes (ou schistes à gneiss) vers Lavras de Mangabeira, Farias Brito, Antonina do Norte, représente une variante du modelé précédent ou un intergrade vers le modelé 3A. Il correspond à une zone d'érosion intense, avec des sols ferrugineux

fersiallitiques tronqués ou des sols peu évolués d'érosion, avec des ravins très ramifiés, parfois avec pente marquée et souvent peu couverte par la végétation. Ce modelé est parfois en dépression par rapport à l'environnement en relief, armé de roches plus dures, gneiss ou quartzites.

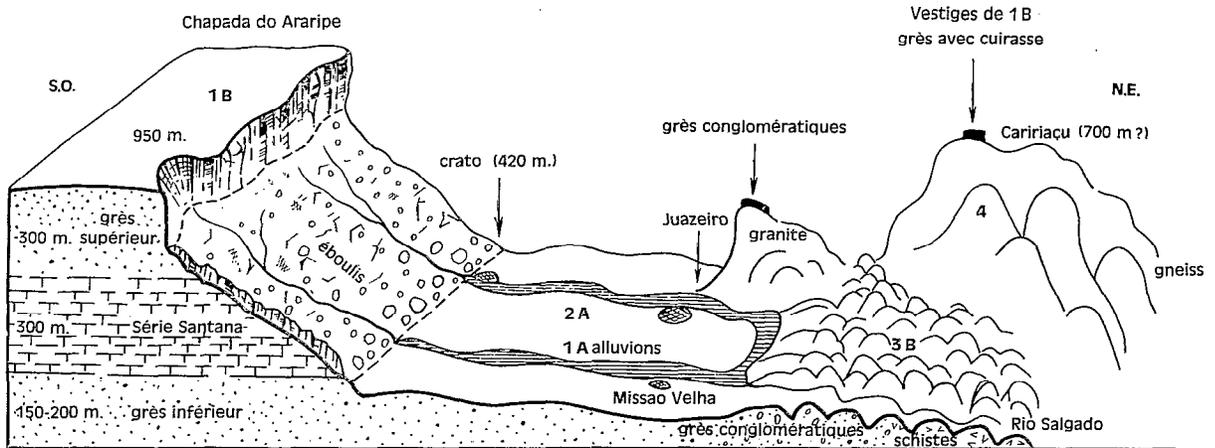


FIG. 6. — Bloc diagramme schématique de la région de Crato.

« Eboulis »

Ce terme a été utilisé pour représenter une surface de raccordement concave entre une falaise et une zone alluvionnaire ou un modelé 2A. On l'observe principalement dans la région est d'Araripe, entre les grès supérieurs et les grès inférieurs et dans la région Apodi, entre les calcaires supérieurs et les alluvions du bas Jaguaribe.

Dans la région est d'Araripe, la pente est relativement forte (10 %) ; le réseau hydrographique en forme de chevelu et le matériau en provenance des grès supérieurs ; mais l'épaisseur des matériaux de colluvionnement est relativement faible, car la série Santana, qui est comprise entre les deux séries de grès supérieurs et inférieurs, apparaît souvent dans le lit des torrents. Les sols sont des sols ferrallitiques, hydromorphes, parfois des vertisols. Dans la région d'Apodi, la pente est relativement faible et la forme concave peu marquée ; le réseau hydrographique est peu enfoncé, parallèle à la ligne de plus grande pente (et perpendiculaire au cours du Jaguaribe). Le matériau varie de grès à calcaire, avec par places des nappes de sable ; les sols sont des intergrades vert.-ferrug. fersial. (parfois des vertisols) et des sols peu évolués d'érosion.

Inselbergs

Les inselbergs dans les granites (ou gneiss) porphyroïdes sont très nombreux entre Quixada et Senador Pompeu. La base présente un « knick » très marqué avec l'environnement en pénéplaine peu ondulée. Parfois, on observe des montagnes à flancs d'inselberg dans le Pereiro. A Quixada, dans les diorites granitiques porphyroïdes, ils ont une forme particulière : ils sont creusés sur leur surface de nombreuses alvéoles subhémisphériques ou « taffonis », qui leur donnent l'apparence de lobes de cerveau.

Dunes

Ce modelé est représenté par la dune vive au bord de la mer et les dunes fixées à l'est de Jaguaruana et l'embouchure ; celles-ci ont une dénivelée très faible par rapport à l'environnement que constitue la série Barreira.

Bassins d'effondrement

Ils sont limités par des failles. Le plus important est celui d'Iguatu effondré dans les gneiss ; il y a d'autres petits bassins à Ico, Icozinho, Umari, sur le rio Juca, à Sitia, à Barro et au nord de Missaõ Velha.

MORPHOGENÈSE

L'étude de l'évolution du modelé est difficile car l'on connaît assez mal l'évolution des facteurs, niveau de base, mouvements tectoniques, variations climatiques. De plus, certains dépôts sont datés approximativement à cause de l'absence de fossiles. Il serait intéressant de préciser l'âge des sols par la datation des surfaces, mais les surfaces peuvent porter des sols d'âges différents, comme cela semble très probable pour la chapada d'Apodi (sols ferrallitiques contre vertisols).

D'après L. KING (1962), le modelé général, sous l'influence de l'érosion par l'eau (excluant les zones glaciaires et les déserts), évolue vers une « planation » toujours plus poussée du continent qui conduit à une surface concave très aplatie et tangente au niveau de base, traduisant un équilibre entre les continents et les mers ; cette notion correspond à celle des géographes concernant l'évolution des rivières par érosion régressive vers le profil d'équilibre. Cette surface théorique (retrouvée dans les vieux continents) est en fait l'enveloppe du modelé de détail ; ce modelé général est alors pratiquement indépendant du climat, de la nature des roches (à quelques reliefs résiduels près), des sols, de la végétation et de l'action de l'homme. Ce modelé général peut être observé sur le « planalto » (plateau) central brésilien (Minas Gerais, Brasilia). Il se trouve à une certaine altitude (700 m environ) par suite du mouvement relatif niveau de base-continent.

A moyenne échelle, c'est-à-dire à celle du modelé précédemment défini, l'action du climat devient plus importante et semble s'exprimer par la profondeur de l'altération. C'est ainsi que, dans des pénéplaines aval, on peut observer des altérations peu épaisses à nulles dans les zones sèches (Jaguaribe), mais profondes en zone humide (sud brésilien, zone côtière humide). Mais à l'intérieur du pays, l'on observe aussi des régions à sol ras dans les zones sèches (Taua, région de Patos (Paraíba), « Sertao » intérieur du Pernambuco) correspondant généralement à des pénéplaines basses par rapport à l'environnement qui voisinent avec des zones montagneuses (plus humides) à altération profonde. Il semble donc qu'il faille considérer le climat et le degré de « planation » des surfaces : ainsi en climat sec, dans une zone aplanie, l'altération ne peut reconstituer la hauteur de sol perdue par l'érosion ; en position haute, les sols profonds sont des sols reliques.

A grande échelle, la végétation et l'action de l'homme sont très importantes. C'est ainsi que l'on voit se surimposer au modelé précédent des griffes d'érosion ou un relief de « Bad-lands » sur certaines roches assez argileuses (schistes, micaschistes).

Surfaces d'érosion

Quand l'on considère le bassin à assez petite échelle, il semble que l'on puisse diviser les surfaces cristallines en deux parties par une ligne Boa Viagem-Ico. A l'amont, on y trouve des « surfaces d'attaque », des collines, montagnes et par places des pénéplaines, où la planation est peu avancée dans les interfluves, avec des sols ferrugineux fersiallitiques dominants (profonds sur les points hauts) et sans solonetz solodisés ; à l'aval, des « surfaces d'aplanissement » à modelé 2B ou 2A, altitude faible et sols peu épais.

Il est possible que parmi les premières, les sommets des montagnes de Pedra Branca, Itatira, Monsenhor Tabosa, plus particulièrement ceux du Pereiro, des montagnes au nord-est de Saboeiro et surtout ceux de Caririçu, Altaneira, Campos Sales correspondent à une *surface d'érosion précrétacée*, car ils sont surmontés par des plateaux-vestiges sédimentaires crétacés.

A l'aval, les « surfaces d'aplanissement » englobent les modelés 2B (et ses variantes) et les variantes du modelé 2A (« surfaces de contact, paléoglacis »). Il semble que l'évolution du modelé aval puisse être suggérée comme suit :

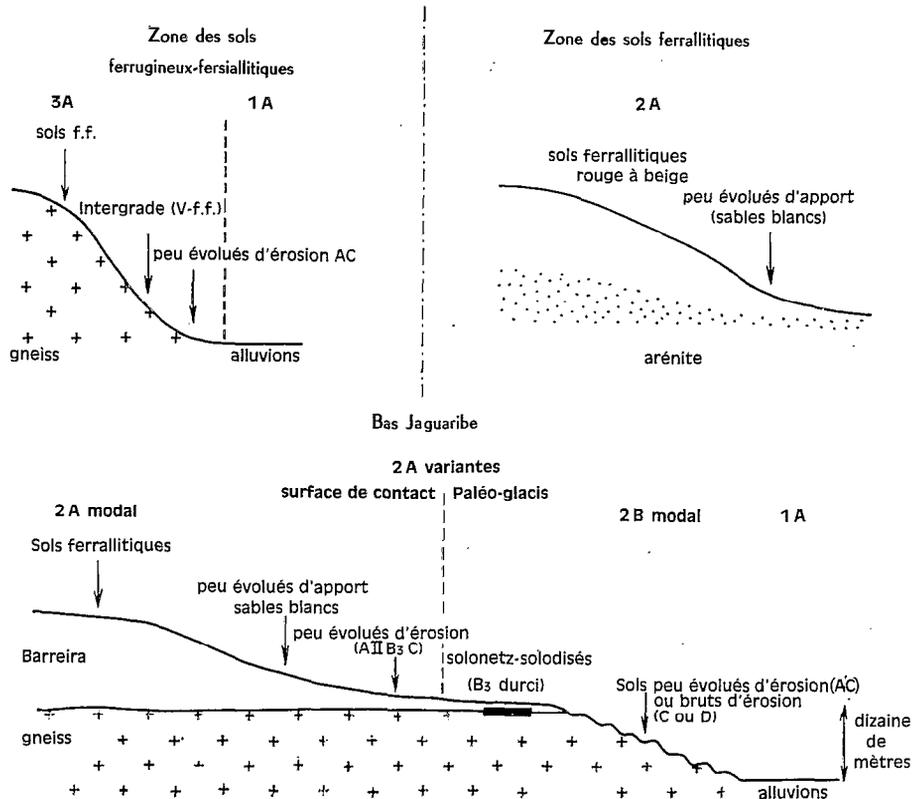


FIG. 7. — Séquences Géo-Morpho-Pédologiques.

Avant la sédimentation détritique Barreira, la « planation » était assez avancée jusque vers Quixada (zone basse, déprimée avec vallées alluviales assez larges) Senador Pompeu-Quixeramobim (modelé 2A, assez mou) et Boa Viagem-Madalena, à l'exception d'un certain nombre de reliefs résiduels (inselbergs). Puis la sédimentation Barreira a recouvert le socle cristallin « pénéplané » jusqu'à une ligne Quixada-Ico. Ensuite par réabaissement du niveau de base, cette série détritique peu épaisse est déblayée peu à peu et d'abord à l'amont, où elle ne subsiste que par places. Comme ce décapage est en cours, il est facile d'observer aujourd'hui la morphoséquence suivante, montrant les différents états d'évolution : en position haute, la série Barreira, à modelé 2A domine le paysage ; le matériau (et son altération) relativement perméable, s'oppose à l'érosion, protège et « fossilise » le socle cristallin sous-jacent. Plus bas, sur les « surfaces de contact » et les « paléoglacis », la série Barreira est moins épaisse (à nulle par places) ; aussi le cristallin apparaît-il à nu ; le modelé est alors subhorizontal et très peu entamé par le réseau hydrographique récent.

Il contraste très fortement avec le modelé 2B modal, plus bas, plus anguleux, où les sols sont très érodés, et qui correspond au dernier cycle d'érosion ou à la dernière *surface d'érosion récente à actuelle*. Enfin un intergrade entre ce modelé 2B et le paléoglacis est représenté par la variante 2B du bassin versant du rio Palhano.

Cuirasses et surfaces d'érosion

Les géomorphologues (DRESCH 1957, DEMANGEOT 1960), signalent dans le « Nordeste » brésilien une surface postcrétacée, infracuirasse, ou surface de Teixeira (Etat de Paraíba), haute (700-800 m), plane, surmontée par places d'une vieille cuirasse avec un conglomérat de cailloux plus ou moins roulés et de grès : « Le plateau est parsemé en outre de buttes au sommet plat. Elles sont constituées par des argiles rouges, épaisses d'une vingtaine de mètres, surmontées par un conglomérat de cailloux de quartzites eux-mêmes altérés et enfin par une cuirasse ferrugineuse de grès qui explique la rigidité du sommet, et est délimitée en blocs sur les bords » (J. DRESCH). Ainsi les géomorphologues considèrent que le plateau de Teixeira représente une surface poscrétacée et infracuirassée, c'est-à-dire façonnée par un deuxième cycle d'érosion, repérée par rapport à la cuirasse, et postérieure au premier cycle qui a façonné la surface précrétacée ou de gondwana, repérée par rapport aux sédiments crétacés.

Les observations faites aux environs immédiats de la chapada de Araripe vers Altaneira, Potengi et Caririaçu sont assez analogues, mais la conclusion un peu différente :

Autour d'Altaneira, existe une zone de plateaux sédimentaires résiduels, situés en position haute au sommet d'une région montagneuse gneissique et à une altitude analogue à celle du sommet de la « chapada » de Araripe ⁽¹⁾. Ils sont séparés d'elle, au droit de Santana de Cariri par un fossé d'érosion, limité par une faille est-ouest, mais au sud de Potengi, le fossé n'existe plus et ils se raccordent à la chapada de Araripe. Ils appartiennent donc au système Araripe, d'âge crétacé. Le sommet des plateaux est horizontal ⁽²⁾ (comme le sommet d'Araripe) et parfois légèrement ondulé (2A) sur les bordures dégradées par l'érosion. On observe sur les versants gneissiques des sols érodés en bas, mais très profonds aux approches des plateaux (rouges, argileux, supérieurs à 4 m). Une rupture de pente nette marque le début des plateaux où les sols ne sont épais parfois que de quelques mètres. La rupture de pente est soulignée par une cuirasse emprisonnant des concrétions ferrugineuses, des galets de quartzite, des restes d'une ancienne cuirasse conglomératique, des morceaux de grès durcis ferruginisés, avec des passées de grès « kaoliniques » rose-violacé, doux au toucher et peu altérés. La cuirasse, si elle repose souvent sur le gneiss (dont elle emprisonne alors la partie supérieure) appartient fondamentalement au produit d'altération qui formé à partir des grès, est un sol faiblement ferrallitique (contenant des concrétions ferrugineuses et des galets à 1 m de profondeur au profil U 44) tout à fait identique à celui observé au sommet de la chapada de Araripe.

A l'ouest de Caririaçu, tout est analogue à ceci près que le sol au-dessus de la cuirasse a disparu, entraîné par l'érosion, et qu'il reste un petit chicot cuirassé et démantelé qui domine les sols rouges altérés sur gneiss. Ces sols rouges (ou sols ferrugineux fersiallitiques profonds) ont le gneiss pour roche mère, car nous avons observé un filon de quartz organisé en damier, qui se poursuit de la roche jusque dans le sol rouge.

En conclusion, les cuirasses ne sont pas un niveau géologique, mais un *horizon pédologique* d'un sol, ici développé dans les grès. Elles ne sont donc pas utilisables en elles-mêmes pour repérer la surface sous-jacente gneissique. Mais, comme on a vu qu'elles étaient ici issues de grès et que ces grès appartenaient au système Araripe, l'on en déduit que la surface sous-jacente appartient à la surface précrétacée et que la surface de Teixeira est confondue avec elle.

(1) Altitude de 700 m sur la carte topographique (ou peut-être 950 m), mais sur le terrain les surfaces des plateaux et du sommet d'Araripe paraissent sensiblement sur le même plan.

(2) très visible sur les photos aériennes et sur le terrain.

LA VÉGÉTATION

ORIGINE

Le « Nordeste » sec est le domaine d'une végétation naturelle appelée « *caatinga* ». C'est un terme indien qui signifie « forêt blanche » et qui exprime cet aspect caractéristique en saison sèche d'une formation sans ombre et sans feuilles dont le bois est de couleur grise et qui donne l'impression d'une nappe blanche sous le soleil.

VÉGÉTATION XÉROPHYTE A TUBERCULES

La « *caatinga* » est une végétation climax en équilibre stable avec les conditions de milieu et non une forêt secondarisée par l'action de l'homme.

Cette végétation est adaptée aux conditions de sécheresse : par la réduction de sa surface foliaire, la transformation partielle des feuilles en épines, l'apparition d'une cuticule cireuse sur les feuilles, la diminution de hauteur des troncs, parfois l'apparition d'espèces particulières (« cierges »), etc. ; et aux longues périodes de sécheresse : par l'accumulation de réserves nutritives et hydriques dans les racines des herbes, arbustes et arbres (racines tuberculeuses et xylopoies).

DIFFÉRENTES FORMES

Sous l'action de l'homme (surtout depuis quatre cents ans) et des animaux, la *caatinga* s'est dégradée et la *forme* originelle est peu souvent conservée. On observe donc différentes formes qui ont été classées par J.G. DUQUE (1953) pour tout le « Nordeste » en « mata », serido, carrasco, serto, *caatinga*. Nous distinguons dans le val du Jaguaribe :

« La mata »

C'est une forêt relativement vigoureuse, haute d'une dizaine de mètres au moins, secondarisée par rapport à la « mata » primaire, dense, non épineuse avec de grands arbres. Elle constituerait une formation de transition entre la *caatinga* et la forêt ombrophile. Elle se localise dans la zone est de la « chapada do Araripe » (protégée par une réserve forestière fédérale) et ressemble beaucoup à la « mata » de la zone côtière humide. Elle se développe vers 700 m d'altitude sous 1 000 mm de pluviométrie. On y observe :

Catingueira da serra	— <i>Caesalpinia pyramidalis</i>	(légumineuse)
Unha de gato	— <i>Mimosa sensitiva</i>	(légumineuse)
Marmeleiro da serra	— <i>Croton sincoriensis</i>	(Euphorbiacée)
Jurubeba da serra	— <i>Solanum albidum</i>	(Solanacée)
Maracuja do mato	— <i>Passiflora cincinata</i>	
Canafistula	— <i>Cassia ferruginea</i>	(légumineuse)
Espinheiro	— <i>Acacia piauhyensis</i>	(légumineuse)
Marmeleiro	— <i>Croton hemiargyreus</i>	(Euphorbiacée)
Pau amarelo	— <i>Plathymenia reticulata</i>	
Feijao de corda	— <i>Vigna sinensis</i>	(légumineuse)
Bamburral	— <i>Hyptis suaveoleus</i>	(Labiée)

La « caatinga »

Elle domine généralement sur tout le bassin. On observe :

une forme *arbustive à arborée*

une forme *moyenne*

une forme dégradée dans le « sertoão » ou *sertoão*

une forme « *en bouquet* »

ARBUSTIVE A ARBORÉE

Cette formation est assez dense, moyennement haute (5 m), peu épineuse et localisée dans les montagnes à sols ferrugineux fersiallitiques profonds de la région de Flamengo, Perciro, au nord de Boa-Viagem dans la « serra dos Bastiões », sur la partie ouest de la « chapada do Araripe », sur la « chapada do Apodi » dans la zone des sols ferrallitiques, sous 800 mm de pluviométrie environ. On y observe, dans la *strate arbustive* :

Catingueira	— <i>Caesalpinia pyramidalis</i>	(légumineuse)
Canafistula	— <i>Cassia ferruginosa</i>	(—)
Marmeleiro	— <i>Croton hemiargyreus</i>	(Euphorbiacée)
Aroeira	— <i>Astronium urumdeuwa</i>	(Anacardiacee)
Brauna	— <i>Schinopsis brasiliensis</i>	
Jurubeba	— <i>Solanum</i>	(Solanacée)
Sabia	— <i>Mimosa caesalpinifolia</i>	(légumineuse, mimosoïdée)
Angico	— <i>Piptadenia Macrocarpa</i>	(Borraginacée)
Mofumbo	— <i>Combretum leprosum</i>	(Combretacée)
Mororo		
Pau branco	— <i>Auxemma onocalyx</i>	(Borraginacée)
Cumaru	— <i>Torresea cearensis</i>	(légumineuse papilionacée)
Juca	— <i>Caesalpinia ferrea</i>	(légumineuse - caesalpiniee)
Maracuja do mato	— <i>Passiflora cincinnata</i>	(Passifloracée)
Facheiro	— <i>Cereus aquamosus</i>	Cactacée)
Mandacaru	— <i>Cereus jamacaru</i>	(—)
Sucupira	— <i>Bow-dichis virglicidis</i>	(légumineuse papilionacée)
Maniçoba	— <i>Manilhot glaziovii</i>	(Euphorbiacée)
Pacoté	— <i>Cochlospermum</i>	(Cochlospermacée)

et dans la *strate herbacée* :

Bamburral	— <i>Hyptis suaveolus</i>	(Labiée)
Gravata	— <i>Bromelia karatas</i>	(Bromeliacée)
Capim panasco	— <i>Aristida setifolia</i>	(graminée)
Capim favorito	— <i>Tricholeus rosea</i>	(—)
Capim barba de bode	— <i>Andropogon virginicus</i>	(—)
Capim rabo de raposa	— <i>Andropogon bicornis</i>	(—)
Velame	— <i>Croton Campestris</i>	(Euphorbiacée)

Vassourinha	— <i>Stylosanthes angustifolia</i>	(légumineuse, papilionacée)
Macambira	— <i>Bromelia laciniosa</i>	(Broméliacée)
Xique-Xique	— <i>Cereus gounellei</i>	(Cactacée)
Feijaõ bravo	— <i>Phaseolus</i>	(légumineuse papilionacée)

MOYENNE

Cette formation domine largement sur les sols ferrugineux ferrallitiques sur gneiss, de 600 à 800 mm de pluviométrie. Elle est un peu moins dense, moins haute, plus épineuse que la précédente ; elle est assez représentative du val considéré dans son ensemble.

Dans la *strate arborée*, on observe : Pacote - Aroeira - Catingueira - Cumaru-Jurema branca - Pau branco - Canafistula - Sabia - Angico - Juca.

Dans la *strate arbustive* :

Marmeleiro	— <i>Croton hemiargyreus</i>	(Euphorbiacée)
Mofumbo	— <i>Combretum leprosum</i>	(Combretacée)
Quebra machado	— <i>Cassia trepuchus</i>	(légumineuse caesalpinoïdée)
Cansançaõ	— <i>Jatropha ureus</i>	(Euphorbiacée)
Jurema preto	— <i>Mimosa verrucosa</i>	
Canela do mato	— <i>Linharea aromatica</i>	(Lauracée)
Maracuja bravo	— <i>Passiflora cincinnata</i>	(Passifloracée)
Jurubeba	— <i>Solanum paniculatum</i>	(Solanacée)
Pinhaõ	— <i>Jatropha curcas</i>	(Euphorbiacée)
Maria preta	— <i>Cordia salzmanni</i>	(Borraginacée)

avec Marmeleiro dominant surtout en bordure de défriches.

Dans la *strate herbacée* relativement peu importante :

Capim favorito	— <i>Tricholaena rosea</i>	(Graminée)
Capim mimoso	— <i>Anthephora hermaphrodita</i>	(—)
Capim panasco	— <i>Aristida setifolia</i>	(—)
Mata pasto	— <i>Cassia torra</i>	(légumineuse)
Malicia	— <i>Mimosa camporum</i>	(légumineuse)
Malicia roxa	— <i>Schranckis leptocarpa</i>	(—)
Malva branca	— <i>Sida cordifolia</i>	(Malvacée)
Capim marreca	— <i>Paspalum conjugatum</i>	(graminée)
Macambira	— <i>Bromelia laciniosa</i>	(Broméliacée)
Alecrim dourado	— <i>Pectis apodocephala</i>	(Composée)
Carrapicho	— <i>Bideus cynapifolia</i>	(—)
Feijaõ de boi	— <i>Crotalaria incana</i>	(légumineuse)
Palmatoria	— <i>Optuntia inamoena</i>	(Cactacée)

avec les Capim dominants.

LE SERTAÕ

Cette formation est une caatinga rabougrie, très dégradée, tortueuse, épineuse, peu dense, arbustive, avec une strate herbacée relativement importante. Elle est bien représentée dans le serto de Jaguaribe et vers Taoua, sur les sols peu évolués d'érosion sur gneiss et sous 600 mm de pluviométrie.

Parmi les arbres, on observe la présence nouvelle ou plus fréquente de Pereiro (*Aspidosperma piri-fo- lium*), Juazeiro (*Zizyphus joazeiro*), Pau d'arco (*Tabebuia serratifolia*), Imburana (*Bursera lipo- flocos*).

Les cactacées (Mandacaru, Facheiro, Xique-Xique, Macambira) sont plus fréquentes que dans la caatinga.

Parmi les arbustes, Mofumbo est plus abondant que Marmeleiro.

La strate herbacée est plus fournie et plus variée :

Capim de cigarro	—	<i>Cenchrus echinatus</i>
Capim roseta	—	<i>Cenchrus viridis</i>
Malmequer	—	<i>Chrysanthemum carinatum</i>
Pe de galinha	—	<i>Dactyloctenium aegyptium</i>
Azedinha	—	<i>Remex sp.</i>

VÉGÉTATION EN BOUQUET

C'est une formation hétérogène car elle correspond à une association de *caatinga moyenne*, en boules ou en îlots, de 3 à 4 m de haut et assez serrée, et de *prairie* herbacée, souvent graminéenne ; elle s'apparente au Carrasco. On l'observe surtout dans les bas de pente, rive gauche du Jaguaribe de Jaguaruana à Limoeiro et sur les sols peu évolués d'apport au sud de Banabuiu (sables lessivés).

ESPÈCES CULTIVÉES — ASPECT ÉCONOMIQUE

Un certain nombre d'arbres majestueux font l'objet d'un revenu économique :

Oiticica	—	<i>Licania rigida</i>	(Rosacée) pour son bois et son huile
Caju	—	<i>Anacardium occidentale</i>	(Anacardiacee) pour ses fruits.
Mangueira	—	<i>Mangifera indica</i>	pour ses fruits
Juazeiro	—	<i>Zizyphus joazeiro</i>	arbre fourrager
Carnauba	—	<i>Copernicia cerifera</i>	(Palmee)

Cet arbre forme un peuplement naturel d'un milliard de pieds dans les alluvions du bas Jaguaribe ; on retire la cire recouvrant les nervures des feuilles ; on utilise les palmes pour la vannerie et les stipes pour la construction. Dans les bas-fonds inondés, ou sur les montagnes et « chapadas », on trouve des palmiers et cocotiers importés de la zone côtière : Babaçu, Coco palmeira et le palmier Catolé (*Coco coronatus*).

Les boisements existants sont pauvres en matière ligneuse, laquelle sert surtout de combustible (Jurema). Marmeleiro pourrait servir à la fabrication de pâte à papier. On utilise aussi très souvent le bois pour la confection des clôtures limitant les propriétés. Le bois d'œuvre est peu abondant (1 à 2 m³/ha) et de faible diamètre.

AGRICULTURE ET ÉLEVAGE

AGRICULTURE

Les cultures sont pratiquées sur abattis. Outre le maïs, les haricots et le manioc, c'est le coton que l'on rencontre le plus souvent et qui constitue la principale culture d'exportation. La canne à sucre, le riz, les agrumes, les bananes ne se rencontrent guère que dans les vallées irriguées. Les cultures de décrue, sur

les bancs de sables encore humides des rivières, avec un peu de fumier se pratiquent dans le bas Jaguaribe. Voici une liste des principales espèces cultivées :

Algodaõ arboreo (variété moco)	— <i>Gossypium barbadensis</i>	(Malvacée)
Algodaõ herbaceo	— <i>Gossypium hirsutum</i>	(Malvacée)
Milho	— <i>Zea Mays</i>	(Graminée)
Feijaõ	— <i>Phaseolus vulgaris</i>	(Légumineuse)
Bananeiro	— <i>Musa parasidica</i>	(Musacée)
Laranjeira	— <i>Citrus sinensis</i>	(Rutacée)
Mandioca	— <i>Manihot esculenta</i>	(Euphorbiacée)
Cana de açucar	— <i>Saccharum officinarum</i>	(Graminée)
Capim elefante	— <i>Pennisetum purpureum</i>	(—)
Goiabeira	— <i>Psidium guayava</i>	(Myrtacée)
Mamoeiro	— <i>Carica papaya</i>	(Caricacée)
Tomateiro	— <i>Lycopersicon esculentum</i>	(Solanacée)
Alface	— <i>Lactuca sativa</i>	(Composée)
Cebola	— <i>Allium cepa</i>	(Liliacée)
Pimentaõ	— <i>Capsicum annum</i>	(Solanacée)
Batata doce	— <i>Ipomoea batatas</i>	(Convolvulacée)
Girimum	— <i>Cucurbita pepo</i>	(Cucurbitacée)
Melancia	— <i>Citrullus vulgaris</i>	(—)
Maxixe	— <i>Cucumis anguria</i>	(—)
Macaxeira	— <i>Manihot dulcis</i>	(Euphorbiacée)

ÉLEVAGE.

L'élevage extensif est une spéculation assez générale des agriculteurs-éleveurs. La « caatinga » est utilisée comme pâturage et elle est presque partout entourée de clôtures délimitant des parcs allant de quelques hectares à d'immenses surfaces. Il est bon de noter l'absence de feux de brousse.

L'herbe est souvent bien fournie pendant les pluies, mais durant les sécheresses, le bétail est squelettique et les ravages de la mortalité sont énormes (voir en effet la littérature et le cinéma sur ce problème du « Nordeste »). Le bétail transhume vers les zones de cultures où il broute les résidus des récoltes et la végétation adventice sèche.

LA POPULATION ET LES SOLS

Il existe une assez bonne corrélation entre la carte de la répartition de la population et la cartographie des sols.

On oppose un *ensemble n° 1* peu peuplé à un *ensemble n° 2* à population plus forte.

L'ensemble n° 1 est centré sur l'unité cartographique n° 51, des sols très érodés sur socle cristallin très bien représenté sur la feuille de Jaguaribe, au nord d'Oros et à l'ouest de Quixeramobim ; une sous-catégorie de cet ensemble apparaît moins nettement à l'ouest sur les feuilles Arneiroz et Crateus.

L'ensemble n° 2 est centré sur l'unité cartographique n° 3, sols ferrugineux fersiallitiques, mais il

intègre des sols érodés sur schistes de Ingazeiras très boisés, les sols ferrallitiques profonds sur grès inférieurs de Araripe et les intergrades vert.-ferrug. fersial. au nord-est de Boa Viagem; cet ensemble domine du Sud au Nord, dans le centre du bassin (feuilles de Crato et Triunfo, Iguatu, Oros, (Pereiro), moitié ouest de Quixeramobim et Ipu-Quixada).

Dans les différences qui existent entre les deux cartes, il est nécessaire de tenir compte d'un certain nombre de considérations :

Les « chapadas » de Serra Grande, Araripe, Apodi (dans leur partie plane), si elles sont souvent cultivées, sont peu peuplées, par suite de la difficulté d'alimenter en eau les hommes et les animaux.

Les alluvions du bas Jaguaribe ont une bonne concentration à la fois urbaine et de « fazendas » (fermes), par opposition aux sables et calcaires voisins.

Dans le triangle Barbalha-Crato-Juazeiro (Cariri), la forte densité de la population est de nature urbaine.

Dans les régions de Varzea Alegre et Lavras, Ipaumirim, Umari, on observe une assez grande concentration humaine.

D'après un recensement de 1960, la population du val du Jaguaribe serait de l'ordre de 1 300 000 personnes, soit une densité de 26 habitants au km² environ et représentant 36 % de la population totale du Ceara (1).

(1) Le « Nordeste » sec aurait une population de 27 millions d'habitants, et le Brésil 80 millions.

LES SOLS

GENÈSE DES SOLS

Les sols résultent de trois actions : l'altération, l'érosion et des mouvements internes. Elles sont fonction des facteurs d'environnement : climat, roche mère, modelé, (végétation, action de l'homme).

I. — ALTÉRATION, ÉROSION, MOUVEMENTS INTERNES

ALTÉRATION.

Différents types.

Sur le bassin, l'on peut distinguer différents types d'altération :

Une altération *généralement profonde*, que l'on pourrait qualifier de « ferrallitisation » dans un sens large et que l'on observe dans les sols ferrallitiques (sur grès et calcaire) et dans les sols ferrugineux fersiallitiques. Elle pourrait être ancienne et s'être produite sous des conditions climatiques plus humides ou s'être effectuée pendant une longue période de temps, grâce à la position favorable du modelé par rapport à l'état d'avancement du cycle d'érosion (position haute).

Une altération *moins profonde et différente*, souvent caractérisée par la nature de l'argile, vertique, ou « montmorillonitisation » que l'on observe dans les vertisols (paravertisols) et les intergrades vertisols-ferrugineux fersiallitiques. Elle pourrait être plus récente à subactuelle et favorisée par le climat sec dans certaines conditions de roche mère et de drainage.

Une altération *très peu profonde* (à nulle) *et/ou peu poussée*, récente à actuelle, dans les sols peu évolués d'érosion ou bruts sur socle cristallin. Sa vitesse serait trop faible par rapport à celle de l'érosion, étant donné les conditions climatiques sèches, sur des surfaces ayant été dégagées par un cycle d'érosion récent. Sur les matériaux récents, rapportés par l'érosion (colluvions, alluvions), il semble que son action soit peu marquée sur les matériaux sableux où l'on observe des sols peu évolués ou des sols bruts, mais aussi sur les matériaux argileux où l'on observe des vertisols hydromorphes « d'héritage » (humectation, désagrégation, faible altération de la montmorillonite).

Polygénétisme - sols complexes.

Des différences très nettes entre des horizons et sous-horizons de certains profils peuvent être interprétées comme des indices de polygénèse.

Parfois, le profil s'est développé sur une seule roche mère, parfois sur deux roches mères superposées (profils complexes). Les différences observées sont parfois dues à un facteur particulier : niveau imperméable, proximité d'une nappe phréatique. Cette polygénèse peut être en relation avec des variations climatiques modifiant les conditions de l'altération.

UNE SEULE ROCHE MÈRE

PROFIL MONTAGNE SAÒ ESTEVAÒ. Ce profil est situé vers le sommet d'une montagne de 400 m d'altitude, près de Quixada, sur pente forte, sur gneiss à filons basiques ⁽¹⁾, sous 800 mm de pluviométrie et avec une saison sèche marquée. De 0 à 1,5 m environ, on observe des horizons A à B2, rouges, argileux, caractéristiques d'un sol *ferrugineux fersiallitique* ; la partie inférieure de l'horizon B2 est transformée par des taches et marbrures en un sous-horizon *hydromorphe* ; au-dessous, on observe un horizon B3, de 20 cm d'épaisseur, *vertique*, argileux, à argile 2/1, olive, avec quelques fentes de retrait, limité à sa base par un filon de quartz, de quelques cm d'épaisseur, peu altéré, ayant la forme d'une surface gauche légèrement inclinée ; quelques plans de quartz, avec un peu d'horizon *vertique* au-dessus, se succèdent deux ou trois fois vers le bas avant l'horizon C à altération sableuse. Ainsi, le sous-horizon *hydromorphe* et l'horizon *vertique* sont dus au filon de quartz qui modifie le drainage interne et la nature de l'altération. Peut-être l'existence d'un tel horizon B3 ne serait-elle pas possible en région tropicale humide et pourrait-on voir dans ce profil l'indice d'une variation climatique.

DEUX ROCHES MÈRES SUPERPOSÉES

Profil E 19. Ce profil, décrit en annexe, comprend deux parties : en haut, un reste de la base de la série « Barreira » (horizon tacheté hétérogène avec galets et sédimentation entrecroisée) ; au-dessous, le gneiss profondément altéré avec des couleurs vives et mates, ocre-jaune et rouille. Il comporte deux horizons *hydromorphes* : le premier (tronqué), observé aussi sur des surfaces plus hautes, est probablement le résultat d'une hydromorphie ancienne, le deuxième d'une hydromorphie récente liée à la proximité de la nappe alluviale ; de plus, sous cette influence, le gneiss s'est profondément altéré ; ce qui n'est pas le cas, dans des profils analogues, mais situés sur les surfaces hautes, non influencées par la nappe alluviale. Ce sol serait un sol ferrallitique *hydromorphe bigénétique*.

Profil J3. Situé sur une surface haute (signalée précédemment) à modelé 2B, près de Iracema (altitude 200 m environ, dénivelée avec les vallées 10 m environ, pluviométrie 700 mm). Le matériau supérieur est un reste de la série Açú, très dégradé par l'érosion ; il se présente sous l'aspect d'un sable clair, très lessivé, et repose sur un gneiss (à granite) acide. En profondeur (de 90 à 140 cm), dans le sable, des taches d'hydromorphie peu nombreuses, rouges, s'élargissant vers le bas, résultent de la présence du niveau imperméable constitué par le gneiss. Celui-ci est *très peu altéré*. La faiblesse de cette altération ici s'oppose à celle, profonde, du profil précédent ; elle résulte de l'absence d'une nappe phréatique proche et de conditions climatiques sèches ; elle n'est pas plus profonde que dans les sols peu évolués d'érosion (AC) des surfaces voisines, dégagées d'une couverture sableuse protectrice.

Profil V10. Ce profil est situé dans les alluvions au sud-ouest de Mauriti. On observe deux sédiments superposés : le premier est un matériau limono-argileux de 20 cm d'épaisseur, *peu évolué* ; le deuxième est un matériau argileux, foncé (10 YR 2/2) qui a évolué en *vertisol hydromorphe*.

ÉROSION

L'action de l'érosion se manifeste sur tous les types de sols, mais sur les sols en place des régions tropicales sèches, elle paraît relativement plus importante que sur ceux des régions tropicales humides par suite de la vitesse faible de l'altération. A l'inverse de l'altération, l'érosion travaille à raccourcir les sols en place. C'est ainsi que l'on observe une troncature de plus en plus poussée des horizons supérieurs qui

(1) La montagne montre une succession de bancs de migmatites, de micaschistes et d'amphibolites.

conduit finalement à des sols bruts. L'horizon superficiel est alors tantôt un ancien horizon B, enrichi récemment en matière organique (cf. sur sols ferrugineux fersiallitiques) ; tantôt un horizon foncé (brun), mélangé de restes d'horizons A ou B et de cailloux (cf. sur pente de collines et montagnes portant des sols ferrugineux fersiallitiques ou certains intergrades vert.-ferrug. fersial.); tantôt un horizon « d'apport et résiduel » *clair*, sableux avec quelques cailloux, souvent prolongé en dessous par un sous-horizon à *cailloutis semi-roulés* accentuant la discontinuité avec l'horizon inférieur (cf. sols peu évolués d'érosion sur gneiss à profil AC ou A II C, certains intergrades vert.-ferrug. fersial. et solonetz solodisés à profil ABC ou A II BC).

L'érosion transporte les matériaux pour constituer les colluvions et les alluvions.

MOUVEMENTS INTERNES

Ils portent sur les colloïdes et les éléments dissous qui s'individualisent migrent et se fixent dans le profil. Souvent, ils sont favorisés par des conditions particulières du pédoclimat.

Revêtements argileux

Des revêtements argileux existent presque toujours dans l'horizon B des sols ferrugineux fersiallitiques moyens ou profonds ; mais souvent dans ces derniers, ils disparaissent au-dessous de 2 m dans le sous-horizon B₂₂. Ils sont absents dans les sols ferrallitiques, sauf dans quelques profils observée vers Quixada (avec différenciation d'un B₂₁ avec revêtement et d'un B₂₂ sans revêtement).

Ils donnent un aspect brillant (luisance) et plus sombre à la couleur et introduisent une modification dans la consistance et la structure : consistance nettement plus grande à l'état sec (et au marteau) et structure plus massive de l'ensemble du sous-horizon par rapport au sous-horizon sans revêtements (meuble et particulière).

Raies

L'accumulation de l'argile, de la matière organique et du fer (BOCQUIER, BARBERY, 1965) se manifeste sur un fond relativement plus meuble et plus sableux par des *raies* subhorizontales, argileuses, brunes, un peu durcies, de 4 mm d'épaisseur, débutant vers 50 cm de profondeur et dont l'intervalle entre elles (de 20 cm vers le haut) décroît vers le bas (10 cm).

Ces phénomènes ont été observés dans des sols ferrallitiques un peu dégradés (rouge clair) vers Aracati, Russas, et dans des sols peu évolués d'apport : sables blancs de bas de pente, provenant de grès conglomératiques (Milagres).

Ils sont généralement liés à une nappe phréatique actuelle proche.

Ils pourraient être considérés comme des indices de podzolisation.

Taches d'hydromorphie

Des taches et des marbrures sont observées dans certains sols alluviaux récents (sols hydromorphes), quelquefois en profondeur dans quelques sols ferrugineux fersiallitiques ou ferrallitiques et dans certains sols peu évolués par suite d'un niveau imperméable (dalle rocheuse) en profondeur (profil J3).

Horizons tachetés

Ces horizons tachetés (ou « plinthite ») sont caractérisés par des couleurs variées (rouge, ocre, jaune, gris), un non durcissement de l'horizon dans des matériaux détritiques (sédimentation entrecroisée, hétérogénéité de texture, présence de nombreux galets).

On les observe dans le bas Jaguaribe sur série « Barreira ». Ils correspondent à la base même de la série, qui repose sur le sol cristallin. Ceci apparaît nettement dans les coupes de route, à la limite de la série sédimentaire et du gneiss ; par suite de l'inversion de relief, la série sédimentaire se trouve actuellement en position haute et domine les vallées d'une dizaine de mètres. Parfois, les profils sont en position topographique basse, au voisinage des alluvions.

Ces horizons tachetés sont donc très certainement des manifestations d'*hydromorphie* (niveau imperméable constitué par le gneiss) ; et même celle-ci pourrait être *ancienne* et correspondre à l'influence d'une nappe contemporaine de la fin du cycle de sédimentation.

Concrétions et cuirasses

Dans le val du Jaguaribe, nous n'avons jamais observé de concrétions ni de cuirasses ⁽¹⁾ dans des sols formés *sur le socle cristallin*, mais seulement dans des sols sur des séries sédimentaires calcaires et gréseuses : « chapada » de Apodi, de Araripe (plateaux résiduels d'Altaneira, Campos Sales et limite ouest de la « chapada »), série Açú (profil J9, est d'Alto Santo), série Barreira (profil D17, Muxiopo ; route Russas-Fortaleza à la limite du bassin), sur colluvions en bas de pente du « horst » du Pereiro (profil J16, route Jaguaribe-Pereiro).

A l'extérieur du bassin : à Fortaleza, au bord de la mer et aux environs de la ville, sur série « Barreira » ; sur les grès de l'Etat du Piauí, en grande abondance (route Campos Sales-Floriano) ; sur des plateaux vestiges gréseux (Belo Horizonte-Brasília).

Les concrétions ferrugineuses ont généralement 1 à 2 cm de diamètre et sont arrondies, lisses, jaunâtres à l'extérieur et brunes dans la cassure.

Les cuirasses (à carapaces) sont souvent pisolithiques (concrétions cimentées entre elles), mais aussi conglomératiques (renfermant des concrétions, des galets, des morceaux de grès non entièrement altérés et parfois des restes d'anciennes cuirasses).

Dans le val du Jaguaribe, les cuirasses reposent souvent sur le socle cristallin ou sont à cheval sur la série gréseuse et le gneiss (plateaux d'Altaneira, Muxiopo). Elles apparaissent parfois à la limite du bassin (Muxiopo, route de Russas-Fortaleza). On ne les observe pas sur une série épaisse et homogène (absentes dans la chapada de Araripe, depuis Araripe jusqu'à Jardim).

Leur présence à la base de séries sédimentaires gréseuses et l'étude du complexe géomorphologique semblent exclure leur genèse actuelle. Nous pensons que ce sont d'anciennes cuirasses de nappe (hydromorphes) formées à la fin du cycle de sédimentation.

L'absence de cuirasses dans les sols formés sur le socle cristallin et en particulier dans les sols ferrugineux fersiallitiques profonds est assez remarquable, car en Afrique au contraire elles sont souvent signalées par les auteurs. Il est probable que ce phénomène est en relation avec la forme du modelé au cours de l'altération de ces sols. Il devait être peu aplani, avec des collines et des montagnes et une dénivellation relativement importante entre les interfluves et les plans des vallées, de sorte que l'influence d'une nappe phréatique alluviale sur les sols des interfluves était nulle à négligeable.

Salinité

L'extension des sols où se manifeste la salinité est très limitée ; elle affecte par places certains sols alluviaux (sols sur alluvions lourdes, vertisols hydromorphes), les solonetz solodisés et certains horizons B₃ ou C sur roche basique ou calcaire.

(1) Elles ont une extension très limitée à l'échelle du bassin.

Le sel responsable de la salinité est quelquefois le sulfate de calcium. Il apparaît à l'analyse dans certains profils de sols argileux des vallées alluviales du Cariri ; il s'agit d'un apport en provenance du gypse de la série Santana. Mais généralement, c'est le chlorure de sodium que l'on trouve dans certains sols alluviaux lourds du bas Jaguaribe, dans les solonetz solodisés et dans les sols sur roche basique. Dans le Jaguaribe, le taux de chlorure de sodium augmente vers l'aval (de Russas à la mer) et avec la profondeur. Il y a donc une relation nette avec la nappe marine de surface ou de profondeur. Celle-ci a pu faire sentir son influence jusqu'à Russas ; actuellement, un barrage à Itaiçaba limite la remontée de la marée dans le lit du fleuve.

Dans les solonetz solodisés, l'horizon B souvent morphologiquement analogue à un « natric horizon », est rarement salé ; le pH (eau) est souvent relativement bas (6,5) et la conductivité souvent très faible (0,3 millimhos/cm) avec des rapports Na/T % souvent inférieurs à 12. Cet horizon est parfois très profond (1,5 m), parfois il affleure en surface ⁽¹⁾ ; la structure en colonnettes n'est pas toujours très visible, mais il est toujours très dur à l'état sec et très généralement surmonté d'un horizon « ochric à albic ».

Le durcissement de l'horizon et la structure en colonnettes de ces sols sont probablement dus à des mouvements du sodium et de la matière organique (couleur plus foncée en B). Le mouvement du sodium est un mouvement de remontée à partir de la roche mère ⁽²⁾ ou d'un horizon inférieur argileux, de sorte que le taux décroît de C à B. La remontée ne se poursuit pas en A, étant donné la texture (structure, capillarité) de cet horizon qui introduit une solution de continuité dans le profil. Il est peu probable que le mouvement du sodium se fasse vers le bas, par lessivage à partir de l'horizon A, car dans de nombreux profils observés sur le socle, nous avons pu voir (grâce à l'horizon de cailloutis semi-roulés entre A et B, l'étude du contexte géologique et géomorphologique) que cet horizon est rapporté et qu'on a, en fait, un profil complexe avec deux matériaux superposés. Cet horizon est déjà lui-même lessivé comme un horizon d'apport et résiduel ». Il est probable que des mouvements de « lessivage » soient occasionnés par des micro-nappes perchées favorisant la « croûte blanchie » et l'entraînement de la matière organique ; celles-ci favorisent d'ailleurs l'apparition de faibles taches d'hydromorphologie à la base du A.

Il est difficile également de voir en A, un horizon solodisé comme il l'est entendu généralement. Enfin, il est possible que l'action du sodium ne soit pas déterminante ou la seule responsable des caractéristiques morphologiques de l'horizon B.

Décalcification et nodules calcaires

Les sols du bassin ne sont généralement pas calcaires ; ce qui est aussi vrai pour les sols ferrallitiques sur calcaire de la « chapada » d'Apodi (en A et B) et les sols sur alluvions lourdes (vertisols hydromorphes).

Mais la plupart des vertisols sur marnes (à argilite), certains vertisols sur roche basique (ou gneiss à passées basiques ou phylliteuses), certains horizons des intergrades vert.-ferrug. fersial. ont une réaction à l'acide chlorhydrique. Cette réaction ne provient pas de la terre fine, mais de nodules calcaires de la taille de grains de riz, mais qui sont parfois de la dimension des sables grossiers. Certains vertisols ont une réaction, ou une réaction plus importante dans l'horizon C.

Sur roches calcaires ou marneuses, le calcaire a donc été préalablement dissous au cours de l'altération, puis reprécipité parfois sous forme de nodules ; la précipitation peut se faire aussi à partir du calcium des minéraux des roches basiques.

(1) Quand l'horizon supérieur a été enlevé par l'érosion.

(2) Certains intergrades vert.-ferrug. fersial. et vertisols sur roche basique ont un peu de sodium dans les horizons B₃ ou C, mais non dans les horizons A et B.

II. — INFLUENCE DES FACTEURS D'ENVIRONNEMENT

SOLS FERRALLITIQUES SUR GRÈS ET DÉPÔTS DÉTRITIQUES (« BARREIRA »)

Les sols ferrallitiques rouges (à jaunes), à pseudo-sables, épais de plusieurs mètres, formés sur les séries Serra Grande, Araripe, Moura, Açú, Barreira, sont *identiques quel que soit l'âge des formations* (Dévonien, Crétacé, fin Tertiaire, début Quaternaire). Il est possible qu'ils aient l'âge de leurs formations respectives, mais les grès inférieurs d'Araripe remis à jour par l'érosion sont nécessairement plus récents.

Il n'y a pas de variation en fonction du climat actuel de 700 à 1 000 mm de pluviométrie : comparaison entre les sols sur série Barreira, Açú, Moura et les sols sur Araripe. Par contre, ces sols et en particulier les sols sur série Barreira du bassin se différencient des sols sur série Barreira de la côte humide (Récife, 2 000 mm, saison sèche peu marquée) par la présence de pseudo-sables.

Il n'y a pas de variation en fonction de la position géographique aval ou amont. L'orthotype est présent sur un modelé 1B ou 2A sans variation. Cependant, des variations par rapport à l'orthotype interviennent à une plus grande échelle du modelé : dégradation en bas de pente par passage de l'orthotype à des sables beiges et blancs, taches dans les horizons inférieurs des sols des « éboulis » de la « chapada » de Araripe sous l'influence du niveau imperméable Santana.

Il est probable que ces sols ont subi cette altération dans des conditions climatiques anciennes plus humides. Mais elles ont pu rester ce qu'elles sont et jouer pendant une longue période de temps, la nature meuble de la roche, la perméabilité du matériau (sol et roche), la forme du modelé favorisant l'altération et s'opposant à l'érosion.

SOLS FERRALLITIQUES SUR CALCAIRE

Les sols ferrallitiques sur la « chapada » calcaire et subhorizontale d'Apodi contiennent des concrétions ferrugineuses et parfois des cuirasses dans le profil. Les concrétions sont abondantes sur le sol et indiquent donc que le sol a été tronqué par l'érosion. C'est assez étonnant, étant donné la forme du modelé et l'absence de réseau hydrographique. Le départ des matériaux fins d'altération a pu se faire, entre autres, par soutirage à la faveur de l'érosion karstique qui est signalé dans ce calcaire.

Mais il est important de signaler que, sur cette surface homogène, sous un même régime climatique, coexistent avec les sols ferrallitiques des vertisols (et intergrades vert.-ferrug. fersial.) et des sols bruts d'érosion (apparition du calcaire en surface) ; de plus, les sols ferrallitiques sont absents sur la surface de raccordement (plus jeune) entre les alluvions et le rebord en « cuesta ». Il semble donc que cette surface ait subi deux types d'altération : une altération sous climat humide, formant les sols ferrallitiques décalcarifiés, à concrétions et cuirasses, et une altération sous climat sec où les sols précédents sont tronqués ou détruits, avec apparition de sols récents (vertisols, intergrades vert.-ferrug. fersial., sols bruts), soit directement sur le calcaire, soit en partie avec les matériaux rapportés dans de très vagues dépressions.

Il est donc difficile ici de déterminer l'âge de la surface d'après les sols qu'elle porte.

SOLS FERRUGINEUX FERSIALLITIQUES PROFONDS

Ces sols existent sur les gneiss (ou granites éruptifs, parfois sur ectinites) sur des surfaces hautes et sur des surfaces basses (mais généralement en position haute de ces surfaces). On les observe d'une part

vers Araripe, Altaneira, Caririaçu, au nord-est de Saboeiro, dans le Peirero, vers Pedra Branca, vers Itatira et Monsenhor Tabosa, et d'autre part vers Mombaça, Mineirolândia, Senador Pompeu, Acopiara, Cedro, Baixio. Les surfaces hautes sont des collines et montagnes de modelé 3A à 4, de 500 à 800 m d'altitude ; les surfaces basses sont des pénéplaines, type 2B variante, vers 300 m d'altitude ayant une dénivelée faible (10-20 m) avec les vallées alluviales.

Dans les deux cas, ils sont présents sur les positions hautes des surfaces et deviennent moins épais sur les pentes avec passage à d'autres sols (intergrades vert.-ferrug. fersial., peu évolués d'érosion).

La pluviométrie actuelle, à elle seule, n'est pas le facteur de différenciation de ces sols, car elle est de 600 à 700 mm sur les surfaces basses, 800 à 1 000 mm sur les surfaces hautes et des régions à 600-700 mm de pluviométrie portent au contraire des sols très érodés (Jaguaribe).

Dans le Pereiro, à Caririaçu, dans la région voisine de la chapada de Araripe et au nord-est de Saboeiro, les surfaces hautes sont dominées par des vestiges de plateaux gréseux crétacés ; elles pourraient donc être des vestiges de la surface précrétacée, analogue à la surface de Teixeira. N'ayant pas encore été aplanies par les cycles d'érosion récents, elles auraient également conservé leurs sols profonds.

Faut-il voir alors dans les surfaces basses, une deuxième surface d'érosion dont certaines parties hautes, protégées de l'érosion régressive, porteraient des sols ferrugineux fersiallitiques profonds ?

SOLS FERRUGINEUX FERSIALLITIQUES MOYENS

Ces sols de 1 m d'épaisseur dominent au centre du bassin (et alternent sur les pentes avec des intergrades vert.-ferrug. fersial. et des sols peu évolués d'érosion) (feuilles Ipu-Quixada, Quixeramobim, Iguatu, Crato, Oros), sur même roche mère et même climat que les surfaces basses ; le modelé est une pénéplaine 2B variante avec, par place, des collines à une altitude de 150 à 400 m.

Ces sols moins épais appartiendraient à la deuxième surface d'érosion en position de pente où le modelé est attaqué par l'érosion régressive.

SOLS PEU ÉVOLUÉS D'ÉROSION

Les sols peu évolués d'érosion sur gneiss sont très bien représentés sur la feuille de Jaguaribe ; le modelé est de type 2B modal à 100 m d'altitude. Cette surface est nettement plus récente que les paléoglacis plus hauts en partie recouverts par la série Barreira protectrice. C'est donc une surface d'érosion très récente et sur laquelle les sols sont les plus érodés.

Ils peuvent apparaître à l'amont vers Taoua, vers 350 m d'altitude ; à l'amont aussi, sur gneiss ou sur les schistes de Ingazeiras.

LES SOLONETZ SOLODISÉS

Sur le socle, ils ne sont présents que vers l'aval (ou vers Taoua) dans des zones très érodées. Mais ils sont absents des surfaces hautes et des « surfaces d'attaque » en général, ou dominent les sols ferrugineux fersiallitiques profonds et moyens et dans les régions à sols ferrallitiques (en particulier dans tout le Cariri).

CLASSIFICATION DES SOLS

La classification des sols est celle de la section de pédologie de l'ORSTOM, d'après G. AUBERT et Ph. DUCHAUFOUR (1962-1966). Quelques remarques préliminaires s'imposent.

Dans les sols peu évolués d'érosion sur gneiss, l'horizon A est très souvent bien différent de C ; c'est alors un horizon « d'apport et résiduel », présentant souvent une discontinuité avec l'horizon inférieur.

La catégorie des intergrades vertisols-ferrugineux fersiallitiques n'est pas encore nettement individualisée dans la classification.

Les sols ferrugineux fersiallitiques sont légèrement différents des sols ferrugineux tropicaux décrits par les auteurs ; certains se rapprochent des sols ferrallitiques.

Les solonetz solodisés sont rangés dans les sols halomorphes, mais généralement ils ne sont pas salés ni à alcali, et l'horizon A ne semble pas être le résultat de la solodisation.

La subdivision de la classification est plus ou moins poussée. Souvent, l'individualisation va jusqu'au groupe, mais ensuite nous faisons souvent intervenir des variations de roche mère ou des différences morphologiques dans les horizons.

Si l'on range les sols en fonction du degré d'ancienneté et d'altération décroissant, on peut faire apparaître une suite n° 1 sur formations sédimentaires anciennes et socle cristallin et une suite n° 2 sur matériau d'apport récent.

Remarques préliminaires

1	2
Sols ferrallitiques	
Sols ferrugineux fersiallitiques	
Vertisols	idem
Intergrades v. f.f.	
Solonetz solodisés	idem
	sols salins
	sols hydromorphes
Sols peu évolués d'érosion	sols peu évolués d'apport
Sols bruts d'érosion	sols bruts d'apport

Les principales séquences de sols observés en fonction du modelé, de la roche mère, sont de haut en bas : dans la zone des sols ferrallitiques sur arénites, sols ferrallitiques rouges, beiges, sables blancs (peu évolués d'apport sur sable) ; dans la zone des sols ferrugineux fersiallitiques : sols ferrugineux fersiallitiques, intergrades v. ff, peu évolués d'érosion ; dans le bas Jaguaribe sur arénite meuble et gneiss : sols ferrallitiques, sols peu évolués d'apport sur sable, sols peu évolués d'érosion à d'apport (A « d'apport et résiduel », profil A II B₃C), solonetz solodisés, sols peu évolués d'érosion (AC), sols bruts d'érosion (C ou D).

Modifications dans la classification

Par suite de modifications ultérieures survenues dans la classification des sols, que nous avons introduites dans la légende de la carte à 1/1 000 000 mais non dans ce texte, nous donnons ici une correspondance entre les anciennes dénominations (à gauche, cf. texte) et les nouvelles (à droite, cf. carte) :

Intergrades vertisols-ferrugineux fersiallitiques :	Sols fersiallitiques, intergrades ferrugineux fersiallitiques, non ou peu lessivés, à caractères vertiques, sur calcaires, gneiss à passées basiques et roches basiques.
Sols ferrugineux fersiallitiques :	Sols fersiallitiques, intergrades ferrugineux fersiallitiques, non ou peu lessivés, modaux, sur gneiss.
Sols faiblement ferrallitiques modaux (sur arénite) :	Sols ferrallitiques, moyennement désaturés en (B), typiques, modaux, sur arénite.
Sols faiblement ferrallitiques, variantes à concrétions et cuirasses sur arénite :	Sols ferrallitiques, moyennement désaturés en (B), remaniés, endurés à horizon (B) avec concrétions ferrugineuses et parfois carapaces et cuirasses sur arénite.
Sols faiblement ferrallitiques, variantes à concrétions et cuirasses (sur calcaire) :	Sols ferrallitiques, faiblement désaturés en (B), remaniés, endurés, à horizon (B) avec concrétions ferrugineuses et parfois carapaces à cuirasses sur calcaires.
Sols halomorphes, à structure non dégradée, salins, sur alluvions lourdes :	Sols halomorphes, intergrades à structure peu dégradée, à alcali non lessivés, moyennement salés à alcali sur alluvions.
Sols halomorphes, à structure dégradée, solonetz-solodisés :	Sols halomorphes, à structure dégradée, à alcali à argile dégradée, solonetz solodisés.

CLASSIFICATION DES SOLS

— Sols minéraux bruts

d'origine non climatique

Sols bruts d'érosion

lithosols (inselbergs)

Sols bruts d'apport

éolien (dune vive)

— Sols peu évolués

d'origine non climatique

Sols peu évolués d'érosion

sur gneiss (profils AC ou A II C)
 sur schistes
 sur grès

Sols peu évolués d'apport

sur colluvions, dunes anciennes, série sableuse de Banabuiu
 et alluvions récentes

— Vertisols et paraverisols

topomorphes

Vertisols et paraverisols topomorphes non grumosoliques

sur alluvions lourdes

lithomorphes

Vertisols et paraverisols lithomorphes non grumosoliques

sur marnes, calcaires
 sur roche basique - amphibolite, dolérite, gabbro, gneiss basique et calcaire cristallin.

Intergrades vertisols-ferrugineux fersiallitiques

A	{	modal	B	{	brun
		remanié			olive
		« d'apport et résiduel »			rouge
					sous-horizon jaunâtre à beige

— Sols à sesquioxydes fortement individualisés et à humus de décomposition rapide.

Sols ferrugineux fersiallitiques

modaux

variantes { — A « remanié »
 — B profond, avec sous-horizon B₂₂ sans revêtements argileux.
 — profils tronqués
 — à pseudo-gley de profondeur

Sols ferrallitiques

faiblement ferrallitiques

modaux (sur arénite)

variantes	—	humifère	}	généralement sur arénite
		à revêtements argileux		
		à raies		
		à taches et horizons tachetés		
		à concrétions et cuirasses (sur calcaire)		

— Sols halomorphes

à structure non dégradée

Sols salins

sur alluvions lourdes

à structure dégradée

Solonetz solodisés

sur roche cristalline, profils complexes et sur alluvions.

— variantes portant sur l'épaisseur de l'horizon A, la continuité du profil, la structure et le degré de salinité.

Sols hydromorphes

— Sols hydromorphes minéraux ou peu humifères

Peu humifères à pseudo-gley

à taches de profondeur

SOLS MINÉRAUX BRUTS**SOLS BRUTS D'ÉROSION**

Ce sont des affleurements de roches, granite, diorites granitiques porphyroïdes, gneiss, quartzite, en forme d'inselbergs. Ils sont abondants dans la région de Quixada et entre Quixada et Senador Pompeu, dans le Pereiro et au sud-est de Mauriti.

L'horizon D, nu, (avec quelques lichens), non altéré, apparaît en surface.

SOLS BRUTS D'APPORT

Ils sont localisés sur la *dune vive* au bord de la mer.

Il n'y a pas de végétation en surface, sauf par places, un maigre tapis herbacé.

Le matériau d'origine marine et éolienne ne contient pas de matière organique ; il est de couleur beige, avec des points noirs de débris de coquillages ; il est constitué de 92 % de sables grossiers, sans argile, meuble, sans cohésion et à structure particulière.

SOLS PEU ÉVOLUÉS

SOLS PEU ÉVOLUÉS D'ÉROSION

Sur gneiss

Ces sols sont largement représentés sur la feuille de Jaguaribe où ils correspondent à une roche mère gneissique et à un modelé 2B modal (surface d'aplanissement rajeunie de 50 à 150 m d'altitude). Sur les autres feuilles, ils alternent avec des Intergrades vert.-ferrug.-fersial. (Ipu-Quixada, Quixeramobim, Oros), ou des sols ferrugineux fersiallitiques (Quixeramobim, Ignatu, ouest du bassin) ; dans ce cas, ils sont généralement situés en bas de pente.

Les sols sont de type AC ou A II C. Ils sont caractérisés par la faible épaisseur du profil, la faible altération de l'horizon C et de type « arène », la différence entre A et C. C'est ainsi que l'on observe deux types d'horizons A : un horizon A « remanié » et un horizon A d'apport et résiduel qui possède souvent un sous-horizon de cailloutis, indice de discontinuité avec l'horizon C.

HORIZON A « REMANIÉ ». (Profils U 41, 01, 08, 033, C 6, I 10, I 44, C 9, C 20, etc.).

Le profil est alors de type AC : A₁C, A₁₁A₁₂C ou A₁A₂C.

L'horizon A est généralement de 20 cm d'épaisseur, beige foncé à brun, 10 YR 3-6/2-4 (1), un peu humifère (1 % de matière organique), non calcaire, à texture variable, très généralement sableuse allant parfois à argilo-sableuse, avec des cailloux anguleux (peu roulés) de quartz ou de roches, mélangés avec la terre fine (mais plutôt dans des profils situés sur des pentes assez importantes) ; la structure est commune, c'est-à-dire polyédrique moyenne sans fentes, avec liaison faible entre les agrégats ; la consistance à l'état sec et humide est généralement meuble et friable par suite de la présence ameublissante de la matière organique ; à l'état trempé, la consistance est collante, plastique (ou non collant, non plastique, si la texture est sableuse). La limite avec l'horizon C est généralement brutale et irrégulière.

HORIZON A « D'APPORT ET RÉSIDUEL »

Cet horizon d'une vingtaine de cm d'épaisseur est beige-brun avec, parfois, quelques fines taches rouille le long des racines, peu humifère, sableux, mélangé avec quelques graviers de quartz ou de roche peu altérée, peu dur à meuble, peu collant, peu plastique à non collant non plastique ; la limite avec l'horizon inférieur est brutale et irrégulière.

Cet horizon ressemble à un « ochric » horizon ou à un horizon A₂ (non cendreuse) faiblement enrichi en matière organique. Il est analogue à celui de certains intergrades vert.-ferrug.-fersial., aux horizons supérieurs des solonetz solodisés et en moins épais aux sols peu évolués d'apport sur sables. Génétiquement, il provient moins de l'altération de l'horizon C que d'un remaniement et brassage, avec départ d'éléments fins, des horizons supérieurs des sols des surfaces environnantes.

(1) 10 YR 3-6/2-4 signifie de 3 à 6 et de 2 à 4.

Sous-horizon à cailloutis

La présence de ce sous-horizon dépend généralement du modelé. On l'observe fréquemment, entre A et C, sur les « paléoglacis » ou « paléoglacis » en voie de rajeunissement (feuilles Jaguaribe et Baturité), mais assez peu sur les surfaces très érodées (feuilles de Jaguaribe, unité cartographique n° 51).

Il est essentiellement constitué par un lit de cailloutis de 10 à 20 cm d'épaisseur, de quartz ou de quartzite, de 3 à 8 cm³, aux formes générales polyédriques avec angles et arêtes arrondis (moins que les galets de la série « Barreira »), peu roulés. Ils sont rubéfiés, jaunâtres à rougeâtres. Ils sont mélangés avec un peu de sable de l'horizon supérieur, (80 % de cailloux, en volume). Souvent, en saison des pluies, sur les paléoglacis, une micronappe perchée, relativement abondante, circule dans cet horizon.

HORIZON C

Il est peu épais (20-40 cm), de couleur rougeâtre, blanchâtre, verdâtre ou noirâtre, avec parfois des taches rouille. La roche est peu altérée, « arénisée », parfois encore assez dure, mais se cassant entre les doigts ; dans la cassure, on observe des alternances de plans clairs de feldspath et de quartz et de plans foncés de micas et de minéraux noirs. Le matériau brisé est alors de texture sableuse à éléments grossiers de toutes dimensions dans les sables fins à grossiers, avec des petits graviers et des morceaux de quartz.

REMARQUE

Quelquefois, l'on observe un horizon B₃, peu épais (10 cm) entre A et C, ou mélangé avec la partie supérieure de l'horizon C (horizon B₃C). C'est tantôt un reste d'un B rouge de sols ferrugineux fersiallitiques, tantôt un B à caractères vertiques d'intergrades vert.-ferrug. fersial., tantôt un B durci analogue à celui d'un solonetz solodisé.

Malgré leur caractère squelettique, ces sols portent une végétation arbustive peu dense (« caatinga » de « sertão » typique) avec des graminées, mais pas de cultures ; ce sont des terrains de parcours.

Sur schistes

Ces sols sont développés sur les schistes de Ingazeiras dans le Cariri, et sur les schistes à micaschistes dans le reste du bassin (vers Saboeiro, Igaroi, Farias Brito, Senador Pompeu et sur la feuille d'Arneiroz).

Sur les feuilles de Crato et de Triunfo, ils ont été décrits dans les profils U 10, U 12, V 4, V 17. Ce sont des sols à profils AC.

En surface, on observe le plus souvent un abondant cailloutis de quartz laiteux, anguleux, résiduel de filons existant dans la roche.

L'horizon A, de 10 à 20 cm d'épaisseur, est généralement mélangé avec des morceaux de schistes peu altérés et avec des quartz. La terre fine, en proportion variable mais souvent assez faible, et peu humifère, de couleur grise (10 YR 5/4, sec), non calcaire, argilo-sableuse avec limons, à structure divisée par les fragments grossiers, *polyédrique fine à grumeleuse* ; C_s peu dure, c_t (1) peu collante, peu plastique ; les racines sont abondantes et la limite avec C₁, brutale et irrégulière.

L'horizon C est un schiste à plaquettes grises, à pendage variable (subvertical, 30° ou 60°), avec des auréoles rouille sur les faces des plaquettes. C'est un matériau argileux qui, proche de la surface, se casse entre les doigts. Il contient des filons de quartz. A grande profondeur (coupe de barrages) la couleur grise

(1) C_s = Consistance à l'état sec — C_t = consistance à l'état trempé.

de l'horizon C₁ fait place à une couleur gris-noir, tandis que le matériau devient très dur. Le matériau, malgré le pendage, est très peu perméable ; on observe quelques suintements en saison de pluies, dans les coupes de routes.

Analytiquement, l'horizon A (terre fine) contient des taux *élevés de limons* (30-40 %) (1) ; le pH est de 5,6 ; la somme des bases 8, avec un taux de saturation de 70 %. Les résultats d'analyses sont assez homogènes.

Sur grès

Ce sont généralement des grès conglomératiques, durs, siliceux, mélangés de graviers roulés, gris, formant des dalles subhorizontales dans le Cariri, où ils affleurent en surface et constituent une large auréole entre les schistes de Ingazeiras et les grès inférieurs. On les observe aussi vers Tarafas et Sitia ; dans les bassins d'Iguatu, Ico, Icozinho, Umari, Juca, les grès sont hétérogènes, peu durcis, colorés (rose-violacé) et mélangés de galets.

Sur les grès conglomératiques, on observe en surface un résidu de graviers roulés.

L'horizon A (profil U 8), de 10 cm d'épaisseur, contient 10 % de terre fine mélangée avec des graviers ; peu humifère, beige, sableux, non collant, non plastique, à limite brutale. Cet horizon est gorgé d'eau pendant les pluies, à cause de l'imperméabilité de l'horizon C.

Celui-ci est peu altéré, dur, siliceux, gris avec quelques auréoles rouille et jaunes.

L'altération est faible et c'est surtout une dégradation mécanique de la roche. L'érosion déblaye les sables libérés qui s'accumulent souvent dans des poches ou en bas de pente ; il reste sur place un résidu de graviers et de sables.

SOLS PEU ÉVOLUÉS D'APPORT

Ces sols existent sur des colluvions en bas de pente des surfaces qui portent des sols ferrallitiques sur grès ou dépôts détritiques : dans le Cariri, sur les grès inférieurs ou dans les « éboulis » de la « chapada » ; dans le bas Jaguaribe, sur la série Barreira (à gauche des alluvions entre Itaíçaba et Russas, de Morada Nova à Quixada) ; en bas de pente et dans des poches de la zone des grès conglomératiques du Cariri. Sur des *dunes fixées*, sur la rive droite du Jaguaribe entre Jaguaruana et la mer. Sur une *série sableuse* à l'ouest de Banabuiu et sur les *alluvions récentes* dans les parties amont des cours d'eau et sur les bourrelets de berge.

Ces sols sont généralement *sableux*, sauf certains profils alluviaux, riches en limons et à strates de sédimentation variées.

Sols sableux (2)

Ce sont des sols à profil A₁A₂C qui peuvent avoir 2 m d'épaisseur (profils I 109, I 110, V 12).

L'horizon A₁ est peu différent de l'horizon A₂, sauf qu'il est légèrement enrichi en matière organique, donc un peu plus foncé, avec limite diffuse.

(1) En saison sèche, le trafic sur les routes à grande circulation soulève de gros nuages de poussière.

(2) Sols analogues, mais plus épais, à l'horizon d'apport et résiduel des sols peu évolués d'érosion sur gneiss, des intergrades vert.-ferrug. fersial., et à l'horizon supérieur des solonetz solodisés.

L'horizon A₂ est de couleur beige (10 YR 5/3, 6/4, 7/2) non calcaire, sableux (sans pseudo-sables) à structure particulaire (sans liaisons entre les gains de sable), meuble, non collant non plastique. Ces sols, à drainage interne très rapide, se ressuient les plus vite.

L'horizon supérieur est peu humifère (inférieur à 1 %), moins acide que l'horizon inférieur (différence 1 unité pH), plus riche en bases et plus saturé.

L'horizon inférieur est pauvre en argile (5-10) et en limons, acide (5,5), pauvre en bases (1-2) et peu saturé (30 %).

VARIANTES

1. — L'horizon humifère est plus riche en matière organique (U 17 1,2 %) ou plus profond.
2. — Dans certains profils (J 3, V 15, U 17), le drainage interne est limité en profondeur (par une nappe phréatique, un banc rocheux) et l'on observe à la base quelques taches d'hydromorphie (intergrades vers les sols hydromorphes).
3. — Dans quelques profils (E 30, O 17, entre Milagres et Podimirim), on observe les raies d'accumulation déjà signalées dans un chapitre précédent.

Sols riches en limons

Ils correspondent à des sols alluviaux où la sédimentation est hétérogène. Au profil E 39, sur bourrelet de berge, l'horizon supérieur est beige, sablo-limoneux, à structure particulaire à polyédrique faible. La teneur en limons est assez élevée, ainsi que la teneur en bases et le taux de saturation ; le pH est neutre.

En profondeur, on observe des niveaux de sables fins micacés et sablo-argileux.

VERTISOLS ET PARAVERTISOLS

DÉFINITION

Vertisols

Dans la 7^e approximation américaine, les vertisols sont définis comme suit : ce sont des sols qui contiennent au moins 35 % d'argile gonflante, une capacité d'échange supérieure à 30 mé/100 g de terre pour tous les horizons au-dessous de 5 cm ⁽¹⁾ et des fentes de retrait en saison sèche ; ils ont aussi au moins un des caractères suivants : micro-relief « gilgai », faces de glissement sur les unités structurales (slickensides) et grand axe des agrégats orienté de 10 à 60° sur l'horizontale.

(1) Par la suite on a introduit les modifications suivantes : le terme d'argile gonflante a été abandonné et le taux inférieur en argile ramené à 30 % (SEGALEN, 1965).

Paravertisols

Dans la classification française, la classe est plus étendue pour englober des sols analogues, mais à capacité d'échange plus faible (15-20 mé) et moins riches en argile gonflante montmorillonitique.

DISCUSSION DES CARACTÈRES DE LA CLASSIFICATION

Grâce à l'extension de la classe aux paravertisols, il est possible d'y inclure des sols du bassin présentant la plupart des caractères vertiques, mais plus pauvres en argile et en bases échangeables.

Les vertisols et paravertisols du bassin *ne présentent pas le micro-relief gilgai*.

La forme du modelé et la nature de la roche mère ne paraissent pas être des facteurs qui introduisent une grande différence entre les profils.

La structure est *rarement grumeleuse* en surface. Elle l'est plutôt en saison des pluies ou sous l'influence du labour. D'autre part, l'extrapolation de ce caractère est difficile pour la cartographie à l'extérieur des profils observés. Aussi n'est elle pas introduite à un niveau trop élevé dans la classification.

En fait, cette classe est assez homogène, avec de faibles variations autour de l'orthotype.

Quoi qu'il en soit, on distingue présentement :

Vertisols et paravertisols

topomorphes (ou hydromorphes)

non grumosoliques

sur alluvions lourdes

lithomorphes

non grumosoliques

sur marnes - calcaires

sur roches basiques (*amphibolite*, dolérite, gabbro, gneiss basique) et calcaires cristallins.

FACTEURS D'ENVIRONNEMENT

Situation et roche mère

Les vertisols sur *alluvions lourdes* sont généralement représentés dans les vallées assez larges (bas Jaguaribe, Iguatu, Cariri) et par places dans les autres vallées.

Sur *marnes* (ou argilites), ils apparaissent sur la feuille de Triunfo, aux environs de Santana de Cariri, et par places dans les « éboulis » d'Araripe (sur série Santana) ; dans le bassin d'Iguatu, Lima Campos, Ico ; dans les « éboulis » de la « chapada » de Apodi, sur facies marneux de la série calco-gréseuse sous-jacente aux calcaires durs. Sur *calcaires durs*, ils existent par places sur la « chapada » de Apodi.

Sur *roche basique*, ils sont représentés surtout au nord de Quixeramobim, entre Quixeramobim et Senador Pompeu, au sud-ouest de Acopiara et au sud-est de Frade. Sur *calcaires cristallins*, près de Quixada.

Modelé

Dans les alluvions, ces sols sont situés en position topographique basse. Ils sont très proches des alluvions sur la feuille de Triunfo, autour d'Iguatu et par places sur la rive droite du fleuve dans le bas Jaguaribe. Mais ils sont sur faible pente dans les « éboulis » de la « chapada » de Apodi et à Santana de Cariri. Sur les roches basiques, ils occupent soit une position topographique haute, soit une position de pente faible d'une pénélaine molle à relief peu marqué ; la dénivelée totale avec les talwegs est de l'ordre de la dizaine de mètres.

Drainage - érosion

Au début de la saison des pluies, ils se remplissent d'eau par les fentes de retrait et le ruissellement est pratiquement nul. Puis ils se referment et le drainage est alors très limité. L'érosion joue alors pendant cette deuxième partie de l'hivernage, car la couverture du sol n'est pas très bonne et l'on observe souvent en surface des cailloux calcaires résiduels.

Les vertisols hydromorphes sont souvent inondés par les débordements des rivières. Le ressuyage de ces sols est le plus lent de tous et d'autant plus qu'ils sont situés dans les bas-fonds ; ceux-ci éliminent souvent leur eau d'inondation par évaporation en début de saison sèche.

CARACTÈRES MORPHOLOGIQUES.

Ce sont des sols à profil AC ou A (B) C.

En surface des sols sur marnes, il y a parfois des cailloux résiduels de calcaire ou des noyaux de poissons fossiles ; des blocs de calcaire cristallin sur les sols formés sur cette roche.

Horizon A

Il est moyennement épais : 1 m sur argilite, 60 cm sur amphibolite, parfois plus d'un mètre sur alluvions lourdes.

La couleur est *foncée* : grise (sec), noire (humide) dans les alluvions lourdes, sur amphibolite et calcaire d'Apodi ; beige foncé dans certains parvertisols alluviaux ; brun-rouge foncé, 5 YR 3/2 (sec), sur argilite ; vert-olive sur marnes Santana et à Iguatu. La couleur sur les roches sédimentaires est *apparentée à celle du matériau originel*.

Le calcaire se présente sous la forme de *très petits nodules* (2-3 mm³) souvent assez abondants dans le profil. Leur présence ne nécessite pas obligatoirement une roche mère calcaire, car on les trouve parfois dans les sols sur roches basiques ; mais ils sont absents dans les alluvions. Dans les marnes, il y a parfois dans le profil des restes de cailloux calcaires (de passées plus dures) ou des noyaux de poissons fossiles (série Santana).

La texture est argileuse (à argilo-sableuse dans les parvertisols) avec souvent des taux importants de limons et peu de sables grossiers. La texture *paraît plus argileuse sur le terrain* qu'elle ne l'est à l'analyse.

La structure est caractéristique : *grossière* (10-30 cm³), polyédrique, cubique à prismatique. Elle se débite sous le choc en sous-unités structurales plus petites. La structure grumeleuse est généralement peu observée en surface. Parfois, dans les marnes, on observe une structure lamellaire en surface de 0,5 à 1 cm d'épaisseur. La surface du sol est parfois recouverte d'une pellicule de sable fin ou de limons qui masquent les fentes et donnent une apparence unie aux vertisols alluviaux.

Les unités structurales sont limitées par un système de fentes qui descendent de la surface jusqu'à 1,5 m en profondeur ; leur élargissement et leur approfondissement croissant avec l'avancement de la saison sèche. En surface, elles forment un réseau polygonal à large ouverture qui se subdivise en réseaux secondaires, tertiaires, etc, à fentes plus fines. La largeur des fentes diminue avec la profondeur et elle peut être de 2 à 5 cm en surface.

On observe très nettement les *surfaces de glissement* (slickensides) et le grand axe des agrégats orienté vers 60° sur l'horizontale.

La consistance à l'état sec est *très forte*. Certains vertisols alluviaux sont extrêmement durs à creuser en saison sèche, ce qui limite leur utilisation. A l'état trempé, ils sont *très collants* (la terre adhère aux outils) et très plastiques.

La porosité est très faible sur les surfaces lisses de glissement et quand la structure est massive. A l'état sec, la macro-porosité, sous la forme de très fines fentes, est assez importante.

La limite entre les sous-horizons de A est diffuse à peu visible et la limite entre A et C distincte à graduelle.

Horison C

Il est moyennement épais sur argilite, 80 cm ; de 30 cm environ sur amphibolite ; sur alluvions lourdes, il se distingue mal de l'horizon A.

La couleur est brun-rouge, 2,5 YR 4/2 sur argilite et se rapproche de celle de l'horizon D ; beige-blanc sur amphibolite.

Cet horizon présente parfois une réaction calcaire plus forte que A et D : au profil C 37 (vertisol lithomorphe sur roche verte) A et D ne sont pas calcaires, C l'est faiblement ; au profil C 38 (vertisol lithomorphe sur amphibolite) A et D sont faiblement calcaires (2 %), C plus fortement (8,5 %). Sur argilite (profil V 9), il n'y a pas de nodules visibles, mais la terre est faiblement calcaire ; c'est l'inverse dans l'horizon A.

Sur amphibolite, on, observe de très nombreux minéraux primaires non décomposés.

Horizon D

L'horizon D sur argilite (V 9) a une couleur brun-rouge 2,5 YR 4/4 (sec) avec des passées vertes. Le matériau est très légèrement calcaire dans sa masse, sans nodules visibles (comme l'horizon C). Il n'y a pas de concrétions. Le matériau est très argileux (1). Il ressemble ici à un schiste argileux non durci. Il se débite en cubes géométriques à faces planes et lisses, à angles très vifs. Il est peu dur à l'état frais et la porosité est nulle (le matériau ne prend pas l'eau).

CARACTÈRES PHYSICO-CHIMIQUES

Granulométrie

La proportion d'éléments supérieurs à 2 mm est généralement très faible dans tout le profil ; le taux de terre fine est compris entre 90 et 100 % ; sur alluvions, le taux est pratiquement de 100. Le refus peut être constitué de morceaux de quartz ou de roches, de quelques concrétions ferrugineuses ou nodules calcaires.

(1) L'analyse mécanique exagère certainement les taux de limons aux dépens de l'argile ; car le matériau séché se reprend mal par l'agitation et le broyage ordinaire.

L'horizon supérieur est parfois moins argileux que l'horizon inférieur (1), car il y a toujours un remaniement superficiel et sur alluvions un apport de sables fins et limons. Sur alluvions et marnes, étant donné l'hétérogénéité de la sédimentation il n'est pas rare d'observer des taux d'argile moins élevés en profondeur.

Le taux d'argile se situe autour de 40 %. Il peut descendre jusqu'à 22 dans l'horizon supérieur, assez souvent à 35 ; par contre, il peut atteindre 68. Sur roche basique, il varie de 35 à 47, sur marnes de 37 à 58 ; c'est sur alluvions que l'amplitude est la plus grande, 25 à 68.

Sur roche basique, le taux de limons varie de 10 à 20 (généralement 18) ; sur marnes de 8 à 47 (généralement 30) ; sur alluvions, de 14 à 37 (généralement 30).

Le taux de sables fins est souvent assez voisin de celui des limons.

Le taux de sables grossiers est faible sur alluvions et marnes, généralement 2 à 6 ; par contre, il est plus élevé sur roche basique, 10 à 25.

Les vertisols et paravertisols ont donc une texture *argilo-limoneuse* pauvre en sables grossiers et ne présentent presque pas de refus, même dans les horizons supérieurs. Le sol *paraît plus argileux sur le terrain* qu'il ne l'est à l'analyse, probablement par suite du faible taux de sables grossiers ou de la nature de l'argile (2).

Humidité équivalente

Elle est comprise entre 20 et 50 % (généralement 35) ; elle est souvent plus faible (20-30) sur roche basique et souvent de 30 à 40 sur les marnes.

Matière organique

Les taux de matière organique sont généralement voisins de 1 % en surface et décroissent en profondeur (souvent de moitié sur 70 cm). Certains profils ont des taux compris entre 1,5 et 2,5 en surface, mais ils correspondent souvent à des prélèvements effectués en saison des pluies. La couleur foncée des profils n'est pas en relation avec leur richesse en matière organique. Celle-ci semble indépendante de la nature de la roche et de la situation géographique.

En surface, le rapport C/N est compris entre 7 et 10 sur alluvions et marnes, mais il est plus élevé sur roche basique (10-13). Il décroît avec la profondeur, de 0,5 à 1 point ; parfois, de 3 ou 4.

Bases échangeables

SUR ALLUVIONS, le taux de calcium varie de 10 à 34 mé/100 g (généralement 20). Le taux de magnésium est assez *homogène* et voisin de 10. Le taux de potassium varie de 0,3 à 0,7, parfois de 1 à 1,5. Le taux de sodium de 0,3 à 0,7, parfois de 1,5 à 3. La somme des bases de 20 à 43 et le taux de saturation de 87 à 100 %. Souvent les bases sont plus élevées en profondeur, ce qui semble souvent plus net pour le sodium. Les vallées alluviales au pied de la série Santana sont probablement plus riches en bases ; dans le bas Jaguaribe, le taux de sodium semble augmenter à l'aval de Russas. Les chiffres de bases sont probablement entachés d'une certaine erreur dans quelques profils par suite de la présence d'un peu de sels solubles.

(1) Cf. les vertisols sur roche basique et gneiss.

(2) A l'inverse, le taux d'argile est sous-estimé sur le terrain par rapport à l'analyse dans les sols ferrallitiques sur grès (pseudo-sables).

SUR MARNES, le taux du calcium est plus élevé, 18 à 50 (généralement 30), ainsi que celui du magnésium, 10-20 ; mais les taux de potassium et sodium sont analogues (potassium de 0,3 à 0,7, parfois 1 à 1,5 ; sodium 0,3 à 0,7 et de 1 à 2). La somme des bases est plus élevée, 30-60 (généralement 40) et le taux de saturation de 100. Ces valeurs sont en relation avec la présence de calcaire.

SUR ROCHES BASIQUES, où les sols contiennent parfois des nodules calcaires le taux de calcium est variable, tantôt analogue à celui des sols sur alluvions, tantôt à celui des sols sur marnes. Le taux de magnésium est voisin de 10. Le taux de potassium compris entre 0,1 et 0,4. Le taux de sodium est plus fort en profondeur qu'en surface, souvent de 1, parfois 4 et même 12. La somme des bases est donc souvent élevée, à cause du calcium ou du sodium (25, parfois 40-50) et le taux de saturation proche de 100.

Phosphore

Le taux de phosphore total est de l'ordre de 0,04 ‰, et celui du phosphore assimilable varie de 5 à 10 mg/100 g.

pH

Le pH eau sur alluvions est compris entre 6 et 7. Il est souvent un peu plus élevé en profondeur. Sur marnes et roche basique, il est compris entre 7 et 8. Souvent, il augmente en profondeur en accord avec l'augmentation du taux de calcaire.

Le pH KCl N est inférieur au pH eau de 1,1 à 1,7 unité pH.

Calcaire

Les vertisols sur alluvions ne contiennent pas de calcaire, ainsi que certains vertisols sur roches basiques ; mais sur marnes, le calcaire, sous forme de nodules, est pratiquement toujours présent. Les taux sont variables, souvent proches de 4 %, mais peuvent atteindre 14 ou 25. Sur roche basique, le taux est assez faible et augmente avec la profondeur (l'horizon C est souvent assez riche en calcaire).

Conductivité - Na/T %

La conductivité est généralement inférieure à 0,5 millimhos/cm et le rapport Na/T % faible. Mais on a parfois les chiffres suivants :

	Alluvions						Marnes		Roches basiques					
	Na	1,3	1,6	2	3,9	2,8	2	7	7	1,3	4	1,6	2,5	4,8
Conduct. ...	0,4	0,5	1,2	2,1	2,8	2,1	3,1	3,9	0,9	6,9	3	1,2	0,4	2,3
Na/T	5	5	7	10	4,5	5	13	13	5,4	11	5,5	7	11	24
							Horiz. C	Horiz. D						

Certains vertisols sur roche basique seraient donc des sols salins ; mais ils ont été conservés dans cette classe, car la salinité est concentrée dans les horizons inférieurs.

Sels solubles

Les vertisols sur alluvions ayant une conductivité et un rapport Na/T relativement élevés, ont environ 4 mé. de sels solubles, généralement représentés par les ions Cl^- et Na^+ , parfois SO_4^{--} et Ca^{++} , Mg^{++} . Sur roche basique, le taux est quelquefois plus élevé avec de plus apparition de l'ion CO_3^{--} (à l'ouest du bassin).

Analyse totale

Sur argilite et roche basique, le taux de silice est compris entre 20 et 25 %, d'alumine entre 10 et 20, de fer entre 5 et 10 (la différence à 100 étant constituée du résidu quartzeux) ; le rapport silice/alumine est souvent proche de 4.

CARACTÈRES MINÉRALOGIQUES.

Le nombre d'analyses d'argile n'est pas suffisamment abondant pour être vraiment significatif. Cependant, on peut faire quelques observations de tendance.

Sur alluvions (profils U 9, U 55, J 79), l'argile est constituée d'un mélange en proportion variable de montmorillonite, illite et kaolinite, où souvent la montmorillonite domine. La kaolinite est parfois peu importante, parfois la montmorillonite est absente ; l'illite est sous forme trioctaédrique. Parfois, en surface, on note des traces d'interstratifié (montmorillonite, illite, chlorite).

Sur marnes (profils U 7, U 9, U 15, C 39), la caractéristique essentielle est la *présence d'interstratifiés* formés de montmorillonite, chlorite, illite en proportion variable, qui peuvent être également présents en dehors de l'interstratifié. Souvent la variation est peu importante en fonction de la profondeur ; l'illite (généralement dioctaédrique) est presque toujours présente hors de l'interstratifié ; la chlorite plus rarement. Au profil V 9, l'horizon D est riche en montmorillonite avec de l'illite et un peu de kaolinite ; dans ce profil, le taux de magnésium décroît vers la surface dans les horizons D, C et A.

Sur roche basique (profils C 37, C 38), la montmorillonite est très largement dominante ; elle est parfois associée à des traces de kaolinite ; il n'y a pas d'interstratifié.

En résumé, les vertisols et paravertisols sont argilo-limoneux et pauvres en sables grossiers, pas particulièrement riches en matière organique ; ils sont riches en bases ; ils ont un pH voisin de la neutralité (6-8) ; ils contiennent parfois du calcaire sous forme de petits nodules et certains ont du sodium sur le complexe ou des sels solubles en profondeur, qui les feraient se rapprocher des sols salins (1).

INTERGRADES VERTISOLS-FERRUGINEUX FERSIALLITIQUES

CARACTÉRISATION.

Ces sols sont compris entre les vertisols et les sols ferrugineux fersiallitiques, car ils présentent avec eux des analogies, mais aussi des différences qui incitent à les individualiser.

(1) Mais il n'y a pas de modification de la structure ni des autres caractères morphologiques.

Avec les vertisols

Certains horizons ont des caractères à tendance vertique : par exemple, un profil de type AC ou A(B)C, une couleur parfois foncée, une assez grande richesse en argile, l'argile de nature montmorillonitique, une certaine richesse en bases, une structure polyédrico-cubique à prismatique moyenne, limitée par des fentes assez fines, une consistance dure à l'état sec, collante, plastique à l'état trempé, une faible porosité la présence parfois de slickensides peu développés, mais sans micro-relief gilgai.

Avec les sols ferrugineux fersiallitiques

Avec ces sols, l'analogie porte essentiellement dans certains profils sur l'horizon B (ou une partie de celui-ci) de couleur rouge et la présence d'une assez grande quantité de kaolinite.

Mais ces caractères ne sont pas toujours suffisamment développés pour identifier le profil à l'orthotype vertisol ou ferrugineux fersiallitique. Parfois, un horizon a des caractères vertiques mélangés à des caractères ferrugineux fersiallitiques (comme l'horizon B rouge qui a en même temps une structure, un réseau de fentes, une consistance souvent à tendance vertique) . Parfois le profil est hétérogène et possède des horizons à tendance vertique et ferrugineux fersiallitique et parfois l'un ou l'autre surmonté d'un horizon A « d'apport et résiduel ».

Ces sols intègrent les « sols rouges du Céara » et les sols « brun-rouge foncé » observés par le Dr MELO, pédologue de la Commission du Sol du Brésil. Ils se rapprochent des « sols bruns eutrophes » de certains auteurs et des sols « semi-arides tropicaux » de Botelho da Costa.

FACTEURS D'ENVIRONNEMENT

Situation

Ces sols sont observés principalement sur les feuilles Ipu-Quixada et Quixeramobim ; parfois sur les feuilles Jaguaribe, Baturité, Iguatu, Oros et à l'ouest du bassin. Ils sont généralement associés cartographiquement à d'autres types de sols : à des sols peu évolués d'érosion et en haut de pente à des sols ferrugineux fersiallitiques.

Roche mère

La *roche mère* est parfois un grès arkosique faiblement calcaire (profils J 30, J 31) de la série d'Apodi, ou des calcaires ; parfois une diorite granitique porphyroïde (à amphibole) près de Quixada (profils D 13, I 112) ; souvent des roches basiques : gabbro (O 32), amphibolite (I 6, I 35) ; le plus souvent un gneiss à passée basique ou des micaschistes à tendance gneissique (H 2, H 3, O 12) et parfois un gneiss relativement acide.

Modelé

La forme du modelé est quelquefois de type 2 A (« éboulis » de la « chapada » de Apodi à pente concave faible de 2 à 10 %). Mais le plus souvent de type 2 B correspondant à des « surfaces d'aplanissement » (de 50 à 300 m d'altitude) ; le relief est alors peu marqué avec des pentes de 2 à 10 %. Certains profils, les plus vertiques, avec un horizon supérieur « d'apport et résiduel » sont observés en position haute de

pénéplaine ou sur des petits plateaux qui correspondent probablement à des surfaces témoins d'anciens glacis. Parfois le modelé général est de type 3 A ou 4. Enfin, certains profils sont situés au pied des collines et d'autres en bas de pente, à proximité des zones alluviales.

Drainage, érosion, couverture

Le drainage externe est généralement assez bon, favorisé par une faible pente ; mais ce drainage est parfois ralenti en position haute ou sur les plateaux-vestiges. Le drainage interne est généralement moyen, mais il est souvent ralenti dans l'horizon B, assez argileux et à argile gonflante ; l'on y observe parfois des taches d'hydromorphie.

L'érosion est assez active, car les horizons de surface sont souvent appauvris en argile, remaniés, rapportés, jusqu'à devenir parfois des horizons « d'apport et résiduels ».

La couverture arbustive (avec peu de cultures) est généralement assez dense et nettement plus importante que sur les vertisols et sur les surfaces portant les sols peu évolués d'érosion (feuille de Jaguaribe)

CARACTÈRES MORPHOLOGIQUES

Ces sols ont été étudiés sur une soixantaine de profils au moins, dont une vingtaine analysées.

Types de profils

Les profils sont de type AC (ou A(B)C), ABC ou A II BC.

Dans les profils AC, l'horizon A est modal, brun à brun-rouge avec des caractères à tendance verticale. Dans les profils ABC ou A II BC, l'horizon A est modal, « remanié » ou « d'apport et résiduel » ; l'horizon B est brun, olive, avec des caractères à tendance verticale ou rouge (tendance ferrugineux fersialitique et verticale) ou mixte (sous-horizon rouge sur un sous-horizon jaunâtre à beige) ; ce qui donne un nombre assez important de combinaisons et amène à étudier ces différents horizons.

Horizon A modal

L'horizon A est modal lorsque ses caractères morphologiques sont assez voisins de ceux de l'horizon inférieur. C'est l'horizon A (A_{11} , A_{12}) des profils AC et de certains profils ABC.

On observe souvent des cailloux de quartz plus ou moins rubéfiés, ou de roche en surface. L'horizon est généralement peu épais (20 à 30 cm), mais souvent de 60 cm (ou 120 cm) dans les profils AC. Il est de couleur *foncée, brune* (10 YR, 7,5 YR 3-4/2-4) à *brun-rouge* (5 YR 3-4/2-4) ; il y a peu de changement entre l'état sec et l'état humide. Il n'y a pas de taches. Il est moyennement riche en matière organique. Il ne contient pas de calcaire, ni de concrétions ferrugineuses ; parfois quelques graviers de quartz. Il est argilo-sableux à argileux, mais il paraît plus argileux sur le terrain qu'à l'analyse, probablement à cause de la nature montmorillonitique de l'argile. La structure est assez bien définie en saison sèche : elle est polyédrico-cubique à prismatique *moyenne*, mais non grumeleuse ; elle est plus grossière dans les sous-horizon A_{12} (7-12 cm³) qu'en A_{11} (3-5 cm³) ; elle est donc moins grossière que dans les vertisols ; les agrégats ont des surfaces planes, pas très lisses et des angles vifs ; les « slickensides » existent souvent, mais sont moins nets que dans les vertisols ; les unités structurales sont limitées par un réseau de fentes verticales et horizontales plus fines que dans les vertisols ; elles descendent souvent jusqu'à l'horizon C ; en saison des pluies, les fentes ne sont pas visibles et la structure est massive ou plus fine. La consistance à l'état sec est dure ; à l'état trempé, collant et plastique. La porosité est faible (en dehors des fentes). La limite avec les sous-horizons est graduelle à diffuse ; avec les horizons B ou C, graduelle à brutale.

Horizon A « remanié »

L'horizon A est « remanié » lorsque sa teneur en argile est nettement plus faible (différence 20-30 %) que celle de l'horizon B, ce qui entraîne des caractères morphologiques différents où la tendance vertique est très faible. Le profil est de type ABC. L'horizon A est généralement peu profond (20-30 cm) avec un cailloutis de quartz ou de roches en surface. Généralement, observé à l'état humide, la couleur est foncée, brune (10 YR 3-4/2-4 — 7,5 YR 3-4/2) ou brun-rouge (5 YR 3-4/2-4) ; la différence entre l'état sec et l'état humide est peu marquée (1 unité « value ») lorsque l'horizon est foncé à l'état sec, plus importante lorsque l'horizon est plus clair. Il n'y a pas de taches. Il est moyennement riche en matière organique, non calcaire (sauf un peu en J 56). Il ne contient pas de concrétions ferrugineuses, mais parfois quelques minéraux primaires non entièrement décomposés (mica blanc, feldspath) et quelques cailloux de quartz. Il est sablo-argileux à argilo-sableux avec des sables grossiers, quelquefois sableux. La structure est polyédrique moyenne à fine, parfois lamellaire, avec liaison faible entre les agrégats en saison humide ; les fentes sont fines ou non visibles à l'état frais ; les « slickensides » sont rarement visibles. La consistance à l'état sec est assez dure ; à l'état frais, ferme et friable ; à l'état trempé, peu collant à collant, plastique. La porosité est moyenne à faible. La limite avec l'horizon inférieur est graduelle à brutale, assez régulière.

Horizon A « d'apport et résiduel »

Cet horizon est analogue à celui des sols peu évolués d'érosion sur gneiss de type A_1II ou $A_{11}A_{12}II$ ou A_1A_2II . L'horizon mesure environ 20-30 cm d'épaisseur (parfois 5, parfois 60). Il n'y a pas de fentes en surface (ni dans l'horizon), mais souvent un cailloutis de quartz rubéfié sur le sol. La couleur (observée à l'état humide) est analogue à celle de l'horizon précédent : brune (10 YR 3-4/2-4 - 7,5 YR 3-4/2), parfois beige (10 YR 5/4). L'horizon est peu riche en matière organique, non calcaire, sableux à sables grossiers (10-15 % d'argile) avec parfois des cailloux de quartz (50 % en volume) mélangés à la terre fine ou formant un sous-horizon. La structure est *particulière* (à massif, à l'état humide). La consistance est meuble à friable à l'état humide, non collant non plastique à l'état trempé. Il est assez poreux.

La limite est brutale avec l'horizon inférieur.

Horizon B

Les horizons et les sous-horizons B possèdent un certain nombre de caractères communs. Matière organique peu abondante. Pas de calcaire (sauf J 56, I 40). Pas de concrétions ferrugineuses. Texture argilo-sableuse à argileuse. Pas de *revêtements argileux* ; la texture paraît souvent plus argileuse sur le terrain. Structure polyédrique à prismatique moyenne (5-7 cm³) à angles vifs ; avec des fentes fines (0,3-0,5 cm) et tendance aux « slickensides ». Porosité faible. Consistance à l'état sec dure, collant plastique à l'état trempé. Mais l'on observe différentes catégories d'horizons :

HORIZON BRUN : il est généralement surmonté d'un horizon « d'apport et résiduel » ou « remanié ». Il mesure 30 cm d'épaisseur, parfois 40 cm ou 50 cm (rarement 1 m - J 30). Il est de couleur *brune* (10 YR 4/3 - 7,5 YR 4/2) ou beige-brun. Il y a parfois des taches rougeâtres vagues. Il contient souvent des minéraux primaires non décomposés (feldspath et quartz).

HORIZON OLIVE : il est surmonté d'un horizon A modal brun, « remanié » ou « d'apport et résiduel ». Il est assez épais, 40-70 cm. Il est de couleur olive (2,5 Y 4/4 ou 5/6). Il possède parfois des taches rouges à rouille (J 36, I 66) et parfois des minéraux primaires non décomposés.

HORIZON ROUGE : il est seul dans un profil ABC ou il constitue un sous-horizon surmontant un sous-horizon jaunâtre à beige. Il mesure 20-40 cm d'épaisseur (parfois 50). Il est rouge (à brun-rouge) 5 YR 3-4/

4-8, dominance 4/6 et 2,5 YR 3-4/4-8 ; il est *moins rouge que les sols ferrugineux fersiallitiques*, mais s'en rapproche par ce caractère. Il y a parfois quelques taches dans les profils qui ont un sous-horizon jaunâtre.

La texture est un peu plus argileuse que dans les autres horizons B ; elle paraît être de 60 % sur le terrain, mais souvent que de 40 à 50 % à l'analyse ; dans certains profils, il y a des minéraux primaires non décomposés (muscovite, feldspath) et parfois des morceaux de roche et quelques quartz. La structure à l'état humide est souvent massive ou grumeleuse. La consistance à l'état humide est friable à ferme. La limite avec l'horizon inférieur est brutale à graduelle, parfois distincte.

SOUS HORIZON JAUNÂTRE À BEIGE : ce sous-horizon est observé dessous un sous-horizon rouge. Il mesure 20-30 cm d'épaisseur (parfois 50, quelquefois 10).

Il est de couleur jaunâtre à beige (10 YR 6-7/4, 6/8, 5/6 et 7,5 YR 4/4, 5/6). Il y a parfois des taches rouille à rougeâtre indiquant un drainage interne assez mauvais.

Horizon C

Il est analogue à celui des sols peu évolués d'érosion sur gneiss.

Il est observé sur 20 à 30 cm d'épaisseur. Il ne présente pas de réaction calcaire (sauf sur arkose faiblement calcaire). Il y a parfois des taches rouille sur les plans altérés de la roche. Celle-ci est de couleur variable : verdâtre, brunâtre, blanchâtre avec la couleur des minéraux en état d'altération. La texture est sableuse et la roche s'altère en *arène*. Elle se casse assez bien entre les doigts et les minéraux primaires sont reconnaissables (quartz, feldspath, micas blancs, clairs et amphiboles, mica noirs foncés). La structure est lamellaire, correspondant à celle de la roche. La consistance à l'état sec est peu dure à dure ; à l'état trempé, non collant, non plastique.

CARACTÈRES PHYSICO-CHIMIQUES

Horizons A et B

La nature de la roche est un facteur peu important de différenciation des profils ; sauf un profil sur micaschistes (0 12) où dans l'horizon B les taux de limons (23-29 %), de magnésium (30-45 mé) sont élevés ; avec des taux de magnésium supérieurs à ceux de calcium (5-10) ; et le fer libre élevé, 5 % ; ainsi qu'un profil sur gabbro (0 32) où le taux de fer libre est élevé (5,4).

Par contre, des différences assez nettes apparaissent entre horizons A modaux et remaniés. Dans les horizons B, l'horizon rouge est généralement plus argileux que les autres.

Certains horizons jaunâtres à bruns ont des taux de magnésium supérieurs à ceux de calcium. Les horizons rouges ne sont pas calcaires ; on trouve un peu de calcaire (1 %) dans quelques horizons bruns ou jaunes (C 28, J 56). Les horizons rouges n'ont pas de sodium sur le complexe ou dans les sels solubles ; par contre, quelques horizons jaunâtres à bruns (sur calcaire, gneiss basique ou diorite de Quixada) ont parfois 1 à 1,5 (ou 5) mé. de sodium sur le complexe, une conductivité de 1 à 4 et un rapport Na/T % de 5 (parfois 25).

GRANULOMÉTRIE

Le taux de terre fine varie de 90 à 100 %.

Dans l'horizon A modal, le taux d'argile varie de 20 à 40 % ; de limons, de 9 à 15 % ; de sables fins, de 30 à 40 % ; de sables grossiers, de 13 à 25 %.

Dans l'horizon A « remanié », le taux d'argile varie de 12 à 20 % ; de limons de 3 à 13 % ; le taux des sables fins est peu différent, 35 à 40 % ; le taux de sables grossiers est plus élevé, 30 à 40 %.

Dans l'horizon B, le taux d'argile est compris entre 50 et 60 % (quelquefois 30) dans l'horizon rouge, et entre 30 et 40 dans les autres (45-55 en J 56 jaunâtre). Le taux des limons est compris entre 7 et 10 dans le rouge, et entre 5 et 10 (parfois 19) dans les autres. Le taux de sables fins est compris entre 20 et 30. Le taux de sables grossiers varie de 10 à 20 dans le rouge et de 15 à 25 dans les autres.

HUMIDITÉ ÉQUIVALENTE

Elle est plus élevée dans l'horizon A modal (18-30 %) que dans l'horizon A « remanié », 10-20.

Dans l'horizon B, elle varie de 25-35 dans l'horizon rouge, contre 20 à 30 dans les autres.

MATIÈRE ORGANIQUE

Le taux de matière organique est plus élevé dans l'horizon A modal (2-3,5 %) que dans l'horizon A « remanié » (1,4) ; il est plus élevé que dans les vertisols.

Le rapport C/N est analogue, 10-13.

Dans l'horizon B, de 10 à 50 cm de profondeur, le taux de matière organique est compris entre 1 et 2 % dans l'horizon rouge, et il est de 0,8 % dans les autres. Le rapport C/N varie de 8-12 dans un cas, et il est de 10 dans l'autre.

BASES ÉCHANGEABLES

Le taux de bases est plus élevé dans les horizons A modaux que dans les horizons A remaniés. Calcium 18-22 mé 100 g (parfois 10), contre 4-6. Magnésium 6-8, contre 2-3. Potassium 0,3-0,5, contre 0,1-0,4. Sodium 0,2-0,4, contre 0,1-0,3. Somme des bases 20-30, contre 6-11. Taux de saturation 80-100 %, contre 70-80. Dans ces deux types d'horizon, le taux de magnésium est assez nettement inférieur à celui du calcium.

Dans l'horizon B, la différence est faible entre l'horizon rouge et les autres : calcium 11-18, contre 8-10 (parfois 17-23). Magnésium, potassium, sodium analogues, 7-13 (parfois 22, dans certains horizons jaunâtres à bruns), 0,1-0,3 ; 0,3-0,6. Ainsi que la somme des bases, 20-30 et le taux de saturation, 90-100 %.

PHOSPHORE

Dans l'horizon A modal, le taux de phosphore total est compris entre 0,04 et 0,1 ‰. Dans l'horizon A remanié, il est de 0,02.

Dans l'horizon B, il est de 0,04, parfois de 0,1.

PH

Dans l'horizon A modal, le pH eau est compris entre 6,5 et 7 (parfois 7,5). Le pH KCl N entre 5 et 6,3. Soit une différence de 1,5 unité pH environ.

Dans l'horizon A « remanié », le pH eau est de 6,5 (parfois 7,4). Le pH KCl N est compris entre 5,3 et 5,7.

Dans l'horizon B, le pH eau varie de 6,5 à 7,5 et le pH KCl N de 4,2 à 5,2.

CALCAIRE

Il n'y a de calcaire que dans deux profils (J 56, C 28), en A et B.

SALINITÉ

Il n'y a généralement pas de salinité. Cependant, au profil J 56 sur gneiss la conductivité est de 1 mmho/cm avec rapport Na/T % de 5 seulement ; le taux de sodium est plus élevé en profondeur (1,5 mé.). Au profil D 13, sur diorite de Quixada, la conductivité est de 2,3 et le rapport Na/T % de 25 dans l'horizon B. Sur la même roche, au profil I 112, la conductivité est plus élevée en surface (1), mais le taux de sodium est faible (0,3). Sur calcaire, et en profondeur, au profil J 30, la conductivité est de 4,4 et le rapport Na/T % de 6,5 seulement.

ANALYSES TOTALES

Dans l'horizon A modal, le taux de silice est de 16 %, d'alumine de 10 %, de fer de 8 % (avec une différence à 100 constituée du résidu quartzeux). Le rapport silice/alumine est de 2,6.

Dans l'horizon A remanié, les taux sont moins élevés et le rapport est de 2.

Dans l'horizon B, le taux de silice est de l'ordre de 25, de l'alumine de 17, de fer de 12, avec un rapport silice/alumine compris entre 2,5 et 3,5.

FER LIBRE

Le taux de fer libre varie de 2 à 4 % dans l'horizon A modal, et de 1 à 2 dans l'horizon remanié.

Dans l'horizon B, il varie de 2 à 4, sans être plus particulièrement élevé dans l'horizon rouge.

Horizons C

Le taux d'argile est faible (10 %) ainsi que celui des limons (10), sauf sur micaschistes (25). Le taux de calcium est de 12, de magnésium 10 (40 sur micaschistes) ; de potassium et sodium 0,5-0,6. La somme des bases est de 20 (50 sur micaschistes) et le taux de saturation de 100. Le phosphore est élevé (0,2). Il n'y a pas de calcaire. Le pH eau est plus élevé qu'en A et B (7 à 8) et le pH KCl N compris entre 5,5 et 6.

Le taux de silice est de 20, d'alumine de 10, de fer de 7 ; le rapport silice/alumine est de 3 à 4.

Le taux de fer libre est assez faible (1), mais de 3 à 4 sur micaschistes.

Comparaison avec les vertisols

Dans les horizons A et B, le taux d'argile dans les intergrades est un peu moins élevé que dans les vertisols ; mais l'horizon B rouge est assez voisin de certains vertisols alluviaux. Le taux de limons est moins élevé dans les intergrades vert.-ferrug.-fersial., mais le taux des sables grossiers est plus élevé. L'humidité équivalente est souvent moins élevée. Le taux de matière organique est plus élevé avec un rapport C/N meilleur. La somme des bases est un peu moins forte, mais le taux de saturation analogue. Le phosphore total est légèrement plus faible. Le pH est peu différent. Il y a parfois un peu de sodium ou une conductivité un peu élevée comme dans certains vertisols alluviaux ou sur roche basique. Le taux de fer libre est plus élevé.

CARACTÈRES MINÉRALOGIQUES

L'étude porte sur les profils J 56, C 28, I 6, I 26, I 49, I 112 et principalement sur l'horizon B.

L'argile dominante est la *montmorillonite*. En C 28, elle est dans un interstratifié avec la chlorite. Elle est absente en I 26, profil à B brun-rouge, mais les horizons brun-rouge peuvent avoir de la montmoril-

ionite. Il semble qu'elle serait plus forte en C qu'en B, où elle est mieux cristallisée que dans les horizons supérieurs. Elle représenterait un stade instable d'évolution.

La kaolinite n'est pas toujours présente, mais assez abondante. Elle est indépendante de la nature de la roche et de la couleur de l'horizon. Elle est souvent plus forte en B qu'en A et souvent mal cristallisée.

L'illite est peu abondante et présente autant de fois que la montmorillonite.

La métahalloysite est peu abondante et plutôt présente dans les profils brun-rouge, type AC, sur roche basique ou gneiss. Plus forte en A₁₂ qu'en C (profil I 6). Il y a parfois des interstratifiés de montmorillonite-chlorite ou d'illite-chlorite.

La gœthite est souvent présente, en très petite quantité, et plus élevée en surface qu'en profondeur.

La gibbsite est très rarement présente, à l'état de traces.

Par rapport aux vertisols, l'on note surtout dans les intergrades vert.-ferrug.-fersial., une importance analogue de la montmorillonite et l'apparition d'un peu de métahalloysite et de gœthite.

CONCLUSION

Les intergrades vert.-ferrug.-fersial., sont des sols, dont A et B mesurent 60 cm d'épaisseur.

L'horizon supérieur est souvent « remanié » ou « d'apport et résiduel » ; l'horizon A modal est analogue à l'horizon B, mais plus riche en matière organique. Outre la variation de texture, l'on peut noter une variation de couleur : l'horizon A est généralement brun à brun-rouge ; l'horizon B est rouge, brun-rouge, brun-jaunâtre à beige et olive ; parfois un sous-horizon B₂₁ rouge à brun-rouge surmonte un sous-horizon B₂₂ jaunâtre à beige. La couleur rouge est un caractère ferrugineux fersiallitique, mais il n'y a pas de revêtements argileux. Cet horizon rouge est souvent plus argileux que les autres horizons. Les autres caractères morphologiques (structure, fentes, slickensides, consistance, porosité) sont à tendance verticale ; peu à pas marquée dans les horizons A « remaniés » et « d'apport et résiduels ».

Ces sols sont assez argileux (analogues aux vertisols), sauf les horizons supérieurs « remaniés » et « d'apport et résiduels ». Assez riches en matière organique, dans les horizons A modaux. Le taux des bases est assez élevé. Le pH voisin de la neutralité. Ils sont très rarement et très faiblement calcaires, avec très rarement une conductivité assez forte et un peu de sodium sur le complexe.

La fraction argileuse est dominée par la montmorillonite (avec illite et kaolinite) et parfois un peu de métahalloysite et de gœthite dans les horizons supérieurs.

SOLS FERRUGINEUX FERSIALLITQUES

FACTEURS D'ENVIRONNEMENT

Climat

La pluviométrie est de 6 à 700 mm dans les pénélaines et de 800 à 1 000 mm dans les montagnes, avec une saison sèche bien marquée.

Situation

Ces sols sont ceux qui ont la plus grande extension dans le bassin. Ils sont situés au centre, sur les feuilles de Quixeramobim, Iguatu ; vers l'amont (Crato, Araripina et sur les feuilles d'Oros, Ipu-Quixada, ainsi qu'Arneiroz et Jaguaribe).

On trouve des sols profonds sur des surfaces hautes autour de Potengi, Altaneira, Caririaçu, Pereiro, Itatira, Monsenhor Tabosa, Pedra Branca ; en position haute, sur des pénélaines basses autour de Mombaça, Mineirolândia, Acopiara, Cedro, Baixio et au pied des montagnes vers Alto Santo, Acopiara, Ibicua.

Des sols tronqués apparaissent dans des régions de montagnes et de collines souvent sur des ectinites autour de Farias Brito, Varzea, Ico, Aurora, Caririaçu.

Roche mère

La roche mère est le gneiss qui domine largement sur le bassin. C'est parfois un granite porphyroïde (Pereiro, montagne de Juazeiro, Jua, Mel) ou des migmatites granitiques (feuilles d'Arneiroz et Carius) ; parfois des ectinites armées de quartzites (Carius, Iguatu, Oros-Banabuiu, Jaguaribe, Peixe Gordo) ou des ectinites (schistes, micaschistes, sericito-schistes).

Modelé

D'une manière générale, c'est un modelé en position « d'attaque »⁽¹⁾ et plus particulièrement de type 2 B, 3 A à 4, correspondant à des pénélaines vers 300 m d'altitude et des montagnes de 5 à 800 m. Au sommet des montagnes, le modelé est souvent assez mou, correspondant à un micro 2 A, à formes plus courtes et plus convexes. Dans les régions de collines et montagnes, les pentes sont assez fortes et la dénivelée entre les sommets et les rivières très importante ; elle n'est que de quelques dizaines de mètres dans les pénélaines.

Le réseau hydrographique n'est pas particulièrement caractéristique ; il est orienté et faiblement dichotomique ; il l'est fortement dans la zone des sols tronqués.

Drainage, érosion, couverture

Le drainage externe est moyen à fort sur les pentes. Le drainage interne est bon, mais il n'y a pas de nappes dans le sous-sol gneissique. C'est ce qui explique la rareté des horizons hydromorphes.

L'érosion est assez active sur les pentes comme l'attestent le remaniement des horizons supérieurs mélangés de cailloux, les sols tronqués et le passage en bas de pente à des sols érodés ou à des intergrades vert.-ferrug.-fersial. ; parfois, les sols sont accumulés en bas de pente sous forme de cones de déjection. Dans les parties hautes, les remaniements sont moins importants.

La couverture végétale est une végétation arbustive, « caatinga », moyennement dense, peu haute (4 m) ; elle alterne fréquemment avec les champs de cultures de coton, maïs, haricot.

(1) Le modelé général en position « d'attaque » s'oppose au modelé « d'aplanissement » bien représenté par les « paléoglacis » et les surfaces rajeunies de Jaguaribe.

CARACTÈRES MORPHOLOGIQUES

L'étude porte sur au moins 83 profils observés, dont 33 analysés.

Les profils sont de type ABC avec subdivision de l'horizon B en B₁, B₂, B₃ et B₂₁, B₂₂. Il y a très souvent des cailloux de quartz ou de roches résiduels sur le sol.

Horizon A modal

L'horizon A modal est plus fréquent dans les sols profonds que dans les sols peu épais. Il est peu épais, 15-20 cm, rarement 40-50.

A l'état sec, il est de couleur brun-rouge (2,5 YR 3/6, 4/4), rouge faible (5 YR 4/6), beige à beige-brun (7,5 YR 5/4 - 10 YR 5/3) ; plus généralement, observé à l'état humide, il est *brun-rouge* (2,5 YR 3/6 - 5 YR 3.5/4) à *brun* (7,5 YR 3-4/2-4) ; il est nettement *plus rouge* que l'horizon A « remanié ». Il n'y a pas de taches. Il est très généralement peu humifère (1 % de matière organique). Il n'y a pas de calcaire, ni de concrétions ferrugineuses. Il est argilo-sableux (30-40 % d'argile) ; parfois argileux (40-50) ; il contient des sables grossiers et parfois quelques graviers de quartz un peu rubéfiés. Il n'y a pas de revêtements argileux. La structure est polyédrique moyenne avec parfois une sous-structure grumeleuse ; la liaison entre les agrégats est faible, surtout à l'état humide ; il y a parfois quelques fines fentes. La microporosité est moyenne à faible, avec quelques pores. La consistance à l'état sec est peu dure à dure, friable à l'état humide (parfois ferme), peu collant à collant, peu plastique à plastique à l'état trempé. La limite est graduelle à diffuse et régulière.

Horizon A « remanié »

Cet horizon se subdivise très rarement en A₁ A₂ ou A₁₁ A₁₂.

Il mesure 20-30 cm d'épaisseur, parfois 10-15. A l'état sec, il est généralement *beige* (10 YR 4-5/3-4) à *beige-brun* (7,5 YR 4-5/4-6), rarement rouge faible (2,5 YR 4-5/4-6) ; à l'état humide, la couleur est plus foncée (1 à 2 « valuc ») et moins rouge (1 « value ») ; il est alors généralement *brun* (10 YR 3-4/2-3), rarement beige ou brun-rouge (5 YR 3-4/3-4) ; il est donc moins rouge que l'horizon modal. Il n'y a pas de taches. La matière organique est peu abondante. Il n'y a pas de calcaire ni de concrétions ferrugineuses. La texture est sableuse (10 à 20 % d'argile) à sables grossiers avec parfois des cailloux de quartz, mais très rarement des minéraux primaires (autres que le quartz) non décomposés. Il n'y a pas non plus de revêtements argileux. La structure est polyédrique moyenne à particulière peu marquée avec liaison faible entre les agrégats ; sans fentes. La microporosité est moyenne à importante ; il y a souvent de nombreux pores. La consistance à l'état sec est peu dure à meuble ; à l'état humide, meuble à friable ; non à peu collant, non à peu plastique à l'état trempé. La limite est distincte à graduelle, parfois brutale et régulière.

Certains profils, sur pente, ont un horizon A mélangé de cailloux de quartz et de roches indiquant un remaniement important et un faible transport. Très rarement, l'horizon A est d'apport et résiduel avec des cailloux de quartz semi-roulés.

Horizon B

La profondeur de l'horizon B est variable. L'horizon C commence dans un intervalle observé entre 40 et 265 cm. Le sous-horizon B₂ a été observé jusqu'à 250 cm. Il est très probable que des profils AB peuvent avoir jusqu'à 4-5 m d'épaisseur. L'on distingue généralement des sols moyens avec l'horizon C

commençant vers 1 m et des sols profonds avec l'horizon C commençant au-dessous de 1 m (ou avec l'horizon B₂ observé jusqu'à au moins 1 m). Cette différenciation est en relation avec la position géomorphologique, les revêtements argileux et la teneur en bases : les sols profonds sont situés sur des surfaces hautes de montagnes et par places de pénéplaines (ou en piedmont de collines et montagnes) ; les revêtements argileux peuvent disparaître au-dessous de 2 m de profondeur, dans le sous-horizon B₂₂ ; la somme des bases et la capacité d'échange sont moins élevées.

Sous-horizon B₂

Le sous-horizon B₂ est le sous-horizon central et le plus caractéristique de l'horizon B. Son épaisseur varie de 30 à 50 cm dans les profils moyens, à 100-150 cm dans les profils profonds observés.

La variation de la couleur en fonction de la profondeur est peu nette ; à l'état sec, elle est très généralement *rouge* (2,5 YR 3-4/6, parfois 4-5/8), rarement 10 R 3-4/6 et 5 YR 4-5/6-8 ; elle est plus rouge que dans l'horizon B rouge des intergrades vertisols-ferrugineux fersiallitiques ; à l'état humide, la couleur est très généralement *rouge* (2,5 YR 3-4/6), rarement 2,5 YR 4-5/8, quelquefois 5 YR 4/6, très rarement 10 R 3-4/6 ; globalement, la variation de couleur entre l'état sec et humide est donc faible à nulle, et très faible dans les profils : diminution de 1 « chroma » ou 1 « value » ; écrasé sec, on passe à une couleur plus claire et moins rouge, c'est-à-dire 2,5 YR 5/8 ; la couleur est plus *sombre et brillante* (luisance) sur les portions d'agrégats pourvus de revêtements argileux que sur les portions d'agrégats non recouverts. Il n'y a pas de taches (sauf très rarement dans quelques profils profonds et de couleur brunâtre à rougeâtre). Cet horizon est peu humifère. Il n'y a pas de calcaire. Il n'y a pas de *concrétions ferrugineuses, ni de cuirasses* : c'est une caractéristique importante qui les différencie de certains sols ferrallitiques. La texture est argilo-sableuse à argileuse (30-50 %), à sables grossiers (avec parfois quelques minéraux primaires, feldspaths, micas non entièrement décomposés, quelques rares débris de roches ou de cailloux de quartz). Les revêtements argileux, ou film d'argile d'accumulation sur les agrégats, sont très généralement présents ; l'abondance des revêtements est variable ; ils introduisent des modifications dans la *couleur* (plus sombre et brillante), la *structure* et la *consistance* ; ils sont parfois absents dans des sous-horizons B₂₂ au-dessous de 2 m dans les profils profonds : B₂₂ s'oppose alors à B₂₁ par sa structure *particulière* et sa consistance (sec ou humide) *meuble* et il ressemble à un *horizon B de sol ferrallitique* (sur arénite). La structure est généralement *polyédrique moyenne* ; dans certaines tranchées de route, elle est prismatique grossière à sommets arrondis, parfois un peu durcie à l'état sec. Parfois, elle est massive dans les profils humides ; mais souvent dans les profils humides, une sous-structure grumeleuse à nuciforme apparaît en écrasant la motte entre les doigts ; parfois la structure est nuciforme à l'état sec dans les profils riches en fer (C 2) ; dans les sous-horizons B₂₂, sans revêtement argileux, elle est particulière ; la liaison entre les agrégats est faible et l'éclatement en grumeaux se fait sur les faces des agrégats revêtus ; dans les profils secs, on observe parfois de fines fentes de 2-3 mm d'épaisseur, de directions variées. La macroporosité est assez faible ; la microporosité, moyenne à importante. La consistance à l'état sec est *peu dure* à dure, elle est meuble dans les horizons B₂₂ sans revêtements argileux ; certains profils à structure massive et pauvres en revêtements sont assez compacts et durs à creuser ; cet horizon est plus compact que les sols ferrallitiques, mais moins que les intergrades vertisols-ferrugineux fersiallitiques, les vertisols ou l'horizon B des solonetz solodisés ; à l'état humide, la consistance est *friable* (rarement ferme) à l'état trempé, *collant à plastique*, quelquefois peu collant, peu plastique (rarement très plastique). La limite est graduelle à diffuse et régulière.

Sous-horizon B₁

Il est analogue au sous-horizon B₂, mais s'en différencie par les caractères suivants : son épaisseur est faible, 10-30 cm.

A l'état sec, il est moins rouge, généralement 5 YR 4-5/6-8, rarement rouge (2,5 YR 3-4/6) ; à l'état humide, il est rouge faible (5 YR 3-4/4-6) ou brun-rouge, 2,5 YR 3/4-6 ; écrasé sec, il est moins rouge 5 YR 4/8, 5/4. Il est un peu plus riche en matière organique car un peu plus foncé. Dans la moitié des cas, il est un peu moins riche en argile (sablo-argileux à argilo-sableux) et s'en différencie dans le profil ; dans les autres cas, il est analogue à B₂. Les revêtements argileux sont présents, mais moins abondants qu'en B₂. Les sous-horizons moins argileux sont un peu moins collants et moins plastiques.

Sous-horizon B₃

Il est assez peu observé, surtout dans les profils profonds où l'on s'arrête souvent à B₂. Il est peu épais, 20-50 cm. Il est surtout caractérisé par la présence plus abondante qu'en B₂ de minéraux primaires non décomposés (feldspath, mica) de morceaux ou filons de quartz ou de morceaux de roches ; et par la moins grande abondance des revêtements argileux.

Horizon C

Il se différencie nettement des horizons B par une limite souvent graduelle à brutale ; par la couleur, avec ses tons blanchâtres, grisâtres ou verdâtres, avec parfois des auréoles rouille sur les plans de schistosité de la roche (quelquefois dans les profils de carrière, un peu de terre rouge de l'horizon B y a été amené par les pluies). Par la structure lamellaire de la roche où les minéraux primaires peu altérés sont très abondants. Par l'altération sableuse de la roche (type arène) malgré la présence d'un peu d'argile.

Il n'y a pas de calcaire. La consistance à l'état sec est peu dure et à l'état trempé non à peu collant et peu plastique.

CARACTÈRES PHYSICO-CHIMIQUES

Il n'y a pas une différenciation très grande des horizons pour l'ensemble de ces caractères. Dans les horizons A₁, certains de ceux qui sont argilo-sableux et riches en matière organique (3 %) ont un taux de bases (15 mé) et une capacité d'échange (15-18) relativement élevés ; certains de ceux qui sont très sableux et moyennement pourvus en matière organique (1 %) ont un taux de bases (4) et une capacité d'échange (5) relativement faibles. Les horizons B₁ et B₃ sont analogues aux horizons B₂. Les profils profonds sont un peu moins riches en bases et ont une capacité d'échange plus faible que les profils moyens. Les premiers s'apparentent ainsi aux *sols ferrallitiques* (sur arénites). Dans les profils profonds, les sous-horizons B₂₁, avec revêtements argileux, sont analogues aux sous-horizons B₂₂, sans revêtements argileux ; il en est de même lorsque les revêtements argileux sont présents en B₂₁ et B₂₂ ; l'on remarque ainsi que les variations de couleur, de structure et de consistance liées à la présence ou à l'absence de revêtements dans les horizons B profonds ne sont pas suivies de variations concomitantes des caractères physico-chimiques. Un profil (C 2) sur roche basique et sur pente, rouge sombre (2,5 YR 3/6) est riche en bases (22), avec une capacité d'échange (24), des taux de fer libre (5-7) et de fer total (10-14) élevés. Un profil profond (I 79), à B de couleur beige (7,5 YR 5/6) a des caractéristiques de bases et de capacité d'échange identiques à celles des horizons B rouges profonds. Un horizon C sur micaschistes est relativement riche en bases, avec une capacité d'échange relativement élevée.

Granulométrie

L'horizon A est généralement sableux (6-10 % d'argile), correspondant à l'horizon A « remanié » ; il est rarement sablo-argileux (20-32 % d'argile), correspondant à l'horizon A « modal ». La teneur en

limons est faible (5-10 %) ; parfois 10 à 13 dans les horizons plus argileux. La teneur en sables fins est comprise entre 25 et 50 % et inversement la teneur en sables grossiers, entre 50 et 30.

L'horizon B est généralement argilo-sableux (30-40 % d'argile) ; parfois sablo-argileux (20-30), rarement argileux (40-50). Le sous-horizon B₁ est argilo-sableux et le sous-horizon B₃, sablo-argileux (à argilo-sableux dans les profils non analysés). Le taux de limons est compris entre 8 et 12 % parfois entre 12 et 25, rarement entre 5 et 8. Le rapport limon/argile est supérieur à 20 % (sauf 7 fois sur 32, et alors la moitié des cas correspondant à des sols moyens). Le taux de sables fins est compris entre 20 et 40 et le taux de sables grossiers entre 10 et 30. Les mouvements de l'argile dans les profils ne sont pas toujours très nets : il y a parfois accroissement de B₂ par rapport à B₁ et diminution de B₂ à B₃ ; parfois égalité entre B₂ et B₃ ou B₁ et B₂ ; les chiffres d'analyses totales (somme de silice alumine et fer, quelquefois différente des taux d'argile) font apparaître dans les profils profonds des résultats analogues.

Humidité équivalente

Dans l'horizon A, elle varie de 8 à 11 % ; parfois de 15 à 22.

Dans l'horizon B, de 15 à 22 ; parfois de 12 à 15.

Matière organique

Dans l'horizon A, les taux de matière organique sont généralement compris entre 1 et 1,5 % rarement de 0,8 % ou de 2 à 3 %. Le rapport C/N est compris entre 7,5 et 13 ; parfois, il est voisin de 20 pour les horizons riches en matière organique (2 à 3,5 %).

Dans les horizons B, le taux de matière organique tombe à 0,5-0,8 % (parfois 1-1,2 %) avec un rapport C/N de 8 à 10 (rarement 15-18).

Bases échangeables

Dans l'horizon A, le taux de calcium varie de 2 à 5 mé/100 g de terre ; parfois de 6 à 9 ; quand il est plus élevé, cela correspond à des horizons sablo-argileux à argilo-sableux et riches en matière organique. Le taux de magnésium varie de 1 à 3 (quelquefois 4). Les taux de potassium et de sodium, entre 0,1 et 0,5. La somme des bases entre 4 et 8 (parfois 10 à 16). La capacité d'échange entre 5 et 12 (parfois 15-25). Le taux de saturation entre 65 et 100 %.

Dans l'horizon B des profils moyens (horizon C jusqu'à 1 m de profondeur) le taux de calcium varie de 3 à 10. De magnésium, de 4 à 6. De potassium et sodium, de 0,1 à 0,4. La somme des bases, de 7 à 12. La capacité d'échange de 11 à 14. Le taux de saturation de 65 à 85 %.

Dans l'horizon B des profils profonds, les taux sont moins élevés. Le taux de calcium varie de 2 à 4. De magnésium, de 1 à 3. De potassium et sodium, de 0,1 à 0,5. La somme des bases de 4 à 6. La capacité d'échange de 5 à 10. Le taux de saturation de 50 à 90 (parfois 100).

Phosphore

Le phosphore total est compris entre 0,01 et 0,05 ‰.

pH

Dans l'horizon A, le pH eau est généralement compris entre 6,2 et 7 ; parfois, il est légèrement basique. Le pH KCl N est compris entre 5 et 6 ; parfois entre 6 et 7 pour les pH eau élevés.

Dans l'horizon B, le pH eau est compris entre 5 et 6,4. Le pH KCl N est compris entre 4 et 6.
Le pH eau décroît de A à B. Parfois il remonte un peu en B₂₂ et en C.

Analyses totales et fer

Dans les horizons B, le taux de silice varie de 15 à 20 % dans les horizons argilo-sableux ; de 22 à 24 dans les horizons argileux et de 11 à 13 dans les horizons sablo-argileux. Le taux d'alumine varie de 10-15 % dans les horizons argilo-sableux et de 17 à 20 dans les horizons argileux. Le taux de fer total est compris entre 3 et 10 %. Le rapport silice/alumine varie de 2 à 2,2 et le rapport silice/alumine + fer de 1,5 à 1,8.

Le taux de fer libre est compris entre 1 et 4 % (parfois 5-7). Le rapport fer libre/fer total varie entre 30 et 50 %. Les rapports entre fer libre et argile ou entre fer libre et somme silice, alumine, fer (de l'analyse totale)⁽¹⁾ varient entre 3 et 12%. Dans le profil, le fer libre varie dans le même sens que la somme silice, alumine, fer. Cette variation est souvent une augmentation de B₁ à B₂ (pas toujours) ; parfois une augmentation de B₂ à B₃ (U 42) ; parfois une augmentation de B₁ à B₂₁ et diminution à B₂₂ (I 38).

CARACTÈRES MINÉRALOGIQUES

Dans l'horizon B, le minéral argileux dominant est toujours la *kaolinite*, quelquefois moyennement cristallisée et toujours associée à de l'*illite*, parfois en faible quantité. Il y a parfois de la *goethite* mais généralement en faible quantité ou à l'état de traces ; la proportion de *goethite* semble plus importante vers la surface qu'en profondeur. On note aussi quelquefois la présence de *chlorite*. Au profil C 2, sur roche basique, il y a de la *métahalloysite*, un peu de *montmorillonite*, un peu d'*illite*, d'*hématite* et de *goethite*.

VARIANTES

Les variantes portent sur l'absence de l'horizon A qui conduit à des sols tronqués et sur la présence de taches dans le profil qui conduit à des sols ferrugineux fersiallitiques hydromorphes. Mais ces variantes ne sont souvent que des exceptions de très faibles importances.

Sols tronqués

Ils ont été observés aux profils U 13, U 43, O 11, O 22, O 26, O 28.

La roche mère est du gneiss ou des schistes d'Ingazeiras et micaschistes.

Le modelé n'est pas particulièrement caractéristique, mais correspond souvent à des zones de « badlands » où l'érosion est intense et le réseau hydrographique finement ramifié.

La couverture végétale est souvent mauvaise.

Les sols sont tronqués, c'est-à-dire caractérisés par l'absence de l'horizon A : c'est particulièrement net dans les profils observés sur des plages sans végétation. L'horizon B rouge apparaît alors en surface. Dans le cas de présence d'une couverture végétale, un horizon récent se développe sur l'horizon B

(1) Parfois, la somme silice+alumine+fer total est assez différente du chiffre d'argile fourni par l'analyse mécanique.

rouge pour donner un horizon supérieur brun-rouge. L'épaisseur de l'horizon B est variable et fonction du degré d'érosion ; parfois l'horizon C commence à 30 cm ; parfois l'horizon B est observé jusqu'à 1 m de profondeur au moins. Les profils sont de type B₂C ou B₃C.

Les caractères morphologiques, physico-chimiques et minéralogiques sont analogues à ceux des sols étudiés précédemment.

Sols ferrugineux fersiallitiques hydromorphes

Dans les profils I 91, I 92, sur gneiss ou granite et dans un modelé 2 B, en position de mauvais drainage interne, on observe des taches brunes peu définies dans l'horizon A, qui deviennent nettes, abondantes et rougeâtres dans l'horizon B argileux pour former un horizon tacheté.

Dans le profil I 89 et dans les profils à l'est de Senador Pompeu, sur granite porphyroïde et dans un modelé 2B, l'horizon tacheté, à taches rouges, est bien défini et localisé dans la partie inférieure de l'horizon B assez épais.

Au profil J 13, sur gneiss et dans un modelé 2 B, l'horizon tacheté avec taches rouges et verdâtres est localisé dans l'horizon C à partir de 80 cm de profondeur

COMPARAISON AVEC LES INTERGRADES VERTISOLS-FERRUGINEUX FERSIALLITIQUES

Les sols ferrugineux fersiallitiques sont observés plutôt sur gneiss acide tandis que les intergrades, sur roche basique (ou gneiss à passées basiques). Les intergrades sont plutôt localisés sur un modelé aplani vers l'aval, ou en bas de pente, tandis que les ferrugineux fersiallitiques vers l'amont dans des collines et montagnes et en position haute du modelé (position haute du modelé 2 B, 3 A, 4 et en piedmont pour les sols profonds).

La profondeur des sols est comparable, sauf pour les sols ferrugineux fersiallitiques profonds dont l'horizon C peut commencer à plus de 3 m (parfois à 4 ou 5 m). Ils ont souvent tous deux un horizon A modal et remanié, mais l'horizon d'apport et résiduel est absent dans les sols ferrugineux fersiallitiques. Dans ceux-ci, l'horizon B est rouge, tandis qu'il est brun, olive, jaunâtre à beige, parfois rouge (mais moins que dans les premiers) dans les intergrades. La texture est analogue. Il n'y a pas de revêtements argileux dans les intergrades, tandis qu'ils sont présents et abondants dans les sols ferrugineux fersiallitiques. La structure est plus marquée, dans les intergrades, parfois plus grossière avec un réseau de fentes plus développé. La consistance à l'état sec y est plus forte et à l'état trempé, ils sont plus collants.

Au point de vue analytique, la teneur en argile est analogue entre les intergrades et les ferrugineux fersiallitiques (les horizons B rouges intergrades sont cependant un peu plus riches en argile). Les taux de limons sont comparables. Ainsi que les teneurs en matière organique. Ils sont plus riches en bases. Le pH est plus élevé. Le rapport silice/alumine est plus élevé ; les taux de fer libre sont analogues.

Au point de vue minéralogique, dans les intergrades, la *montmorillonite* est dominante avec, parfois, un peu de kaolinite et d'illite ; tandis que dans les ferrugineux fersiallitiques, c'est la *kaolinite* (souvent moyennement cristallisée) qui domine avec un peu d'illite. La goethite est très peu importante et souvent plus élevée en surface dans l'un et l'autre type de sols.

COMPARAISON DES SOLS FERRUGINEUX FERSIALLITIQUES AVEC LES SOLS D'AFRIQUE

Ces sols se rapprochent des *sols ferrugineux tropicaux* non lessivés en fer et en argile, décrits par G. AUBERT (1962), par la faible individualisation des hydroxydes de fer et la faible migration (ou la non migration) du fer et de l'argile.

Ils se rapprochent des sols *fersiallitiques* de BOTELHO DA COSTA (1959) par l'argile kaolinique associée avec de l'illite et des proportions variables d'hydroxydes de fer. La consistance plus ferme, a même teneur d'argile que les sols ferrallitiques. La roche mère est peu altérée. La proportion relativement élevée de limons (avec limon/argile supérieur à 20 %). Les revêtements argileux. Le rapport silice/alumine voisin de 2,2 et le rapport silice/alumine + fer voisin de 1,8.

Avec les sols ferrugineux tropicaux décrits par R. MAIGNIEN (1964) dans l'Afrique de l'Ouest, ils présentent les différences suivantes : modelé de collines et montagnes (parfois de pénéplaines) dans le Val Jaguaribe ; modelé subhorizontal dans l'Afrique de l'Ouest. Drainage externe rapide dans le Jaguaribe ; drainage lent en Afrique. Forêt basse xérophile et savanes. Couleur plus rouge, 2,5 YR (5 YR 10 R) et 7,5 à 10 YR. Variation faible de la couleur entre l'état sec et l'état humide et variation importante. Revêtements fréquents et peu de revêtements. Rapport C/N faible entre 7 et 13 et rapport élevé 14 à 17. pH KCl N inférieur de 0,8 à 1 unité au pH eau et inférieur de 0,3 à 0,6 unité. Rapport fer libre/fer total compris entre 30 et 50 %, et supérieur à 60 %.

Par contre, l'on observe des analogies ; la texture en surface est souvent plus sableuse. Prédominance de kaolinite associée à de l'illite. Capacité d'échange assez faible et taux de saturation moyennement élevé.

Pour toutes ces raisons, nous avons adopté le terme *ferrugineux fersiallitique*.

SOLS FERRALLITIQUES

CLASSIFICATION

Ces sols appartiennent très probablement au groupe des sols faiblement ferrallitiques. Ils semblent correspondre aux « red-yellow latosols » des USA et des pédologues brésiliens.

FACTEURS D'ENVIRONNEMENT

Climat

La pluviométrie est comprise entre 600 et 1 000 mm, avec une saison sèche marquée. Le climat actuel, à lui seul, ne semble pas pouvoir rendre compte de la profondeur de l'altération de ces sols ; ces sols pourraient être des sols fossiles ayant conservé, surtout en profondeur, la majeure partie de leurs caractères hérités.

Roche mère et situation

Ces sols sont développés exclusivement sur des roches mères *sédimentaires* type *arénites*, consolidées ou non (grès et dépôts détritiques) et sur des *calcaires*.

Ils sont généralement *absents sur roches cristallophylliennes et éruptives* (gneiss, granites, schistes, micaschistes) (1). Mais, à la limite, les sols ferrugineux fersiallitiques profonds sur gneiss présentent un certain nombre d'analogies avec les sols ferrallitiques.

(1) Bien que dans quelques profils (seulement) étudiés dans les variantes, nous ayons eu quelque difficulté à établir que la roche cristallophyllienne à la base du profil n'était pas la roche mère.

ARÉNITES

Ce sont les grès ferrugineux à siliceux de la série Serra Grande (Dévonien) à l'ouest du bassin. Les grès ferrugineux, inférieurs et supérieurs, (et des plateaux avoisinants) de la série Araripe (Crétacé) du Cariri. Certaines formations analogues, résiduelles, au sommet de montagnes cristallines, dans le Pereiro, au nord-est de Saboeiro. La formation Açú (Crétacé) à l'est de l'Alto Santo. La formation détritique, peu consolidée, Moura (Tertiaire) du bassin d'Iguatu. La formation détritique, peu consolidée, Barreira, (fin Tertiaire, début Quaternaire), par places, à l'aval d'une ligne Quixada-Potiretama.

Les grès conglomératiques siliceux du Cariri, par contre, ne donnent pas naissance à des sols ferrallitiques, mais à des sols peu évolués d'érosion et d'apport (sables beiges).

La roche mère est observable sur les flancs de la falaise des grès supérieurs d'Araripe et dans la série Serra Grande. Ailleurs, elle est ou trop profonde, ou le matériau se confond avec le sol (Moura, Barreira). Les grès supérieurs Araripe semblent plus sableux que l'horizon B ; cela semble moins net pour les grès observés sur les plateaux vestiges vers Caririaçu, Altaneira, Campos Sales.

CALCAIRES

Ils correspondent à la formation supérieure Jandaíra (Crétacé) de la « chapada » de Apodi.

Modelé - Drainage - Réseau hydrographique - Érosion

Le modelé est très caractéristique et de type *1 B* et *2 A*. Quelquefois de type « éboulis » dans la « chapada » de Araripe entre les grès inférieurs et les grès supérieurs où le matériau provient des grès supérieurs. Dans les zones marginales de la formation Barreira, le modelé *2 A* de cette formation est parfois difficile à reconnaître quand il se présente sous forme de lambeaux isolés et non plus d'une surface continue.

Le drainage externe est lent à très lent ; le drainage interne est rapide à très rapide sur les grès, moins rapide sur les calcaires.

C'est pour cela que le réseau hydrographique est nul sur les plateaux ; un début de réseau très peu dichotomique apparaît sur les bordures. Dans le modelé *2 A*, le réseau est peu abondant et peu dichotomique ; dans le Cariri, on note la présence de vallées alluviales larges ; sur la formation Barreira, la présence d'un système de mares, à l'amont de la formation, au contact du socle cristallin, reliées par un réseau très peu visible. Dans les « éboulis », le réseau a une allure de chevelu racinaire orienté, avec départ en pied de falaise et assez dense, par suite de la pente forte.

Les horizons à concrétions et à cuirasses n'apparaissent pas en terrasses aux abords des vallées, mais sont situées en position haute et quelquefois sur la limite du bassin.

L'érosion, à l'échelle du modelé est variable : elle est nulle à l'intérieur des plateaux ; aux extrémités, en corrélation avec les facteurs pente, dénivelée, faible résistance du matériau, elle fait apparaître un rebord en falaise ; dans les formations à modelé *2 A*, les bordures se terminent en biseau sur les vallées alluviales ou sur le socle cristallin. A l'échelle des sols, les horizons supérieurs sont généralement lessivés ou remaniés conjointement avec le lessivage ; l'argile et le fer ont été entraînés et les grains de sable sont généralement peu vêtus, seulement colorés par une pellicule violacée ; en bas de pente, les sols sont souvent dégradés, pauvres en argile et en pseudo-sables et de couleur beige jaunâtre à beige ou faiblement rouges.

Couverture végétale

La végétation naturelle est la « caatinga » arbustive, assez dense et haute de 4 à 5 m. Elle est peu touchée par l'homme dans la Serra Grande et sur la « chapada » de Apodi. Dans la région de Crato, il

existe au sommet de la chapada de Araripe (et sur les flancs de la falaise) une forêt classée, dense, haute, analogue à la « mata » de la zone côtière humide (Récife).

Mais cette végétation arbustive est souvent défrichée par l'homme pour faire place à des champs de culture d'ananas, arachide, manioc. Dans la zone des « éboulis » sur le versant est, et grâce aux sources au pied de la falaise, les petits champs de canne à sucre, maïs, manioc (café), etc. sont très nombreux.

I. — SOLS FERRALLITIQUES SUR ARÉNITE : ORTHOTYPE

L'étude porte sur 28 profils, dont 14 analysés

CARACTÈRES MORPHOLOGIQUES

Profil

Le profil est de type ABC. La différenciation entre les horizons est faible et le *profil assez homogène*. L'horizon A, humifère, se subdivise parfois en A₁A₂ ou A₁₁A₁₂. L'horizon B et plus particulièrement le sous-horizon B₂ est *caractéristique* ; il se subdivise parfois en B₁B₂ ou B₂₁B₂₂. C'est dans les variantes seulement que l'on observe un sous-horizon B₃ tacheté ou à concrétions et carapace. L'horizon C n'est jamais observé dans les profils (sauf en V11 à 75 cm de profondeur) par suite de la grande épaisseur des horizons AB ; mais la roche mère apparaît dans la falaise de grès supérieurs de la « chapada » de Araripe.

Profondeur

L'horizon A mesure généralement 30-40 cm d'épaisseur ; parfois 10 à 20 ; parfois le passage de A à B est trop continu pour établir une limite précise.

L'horizon B est très profond ; il a été observé jusqu'à 1,6 m, 2 m, 3 m et 4,3 m dans 5 profils.

Matière organique

L'horizon A est peu humifère. Le taux de matière organique décroît dans le profil ; la dégradation de la couleur foncée est très progressive.

Couleur

La variation de la couleur dans l'horizon B₂ est relativement grande : à l'état sec, elle s'étale de *rouge à jaune en passant par orangé* ; 2,5 YR 4-5/6-8, 5 YR 5-6/6-8, 7,5 YR 5-6/6-8, et 10 YR 5/6. A l'état humide, par rapport à l'état sec tantôt le « value », tantôt le « chrome », tantôt les deux à la fois diminuent de une unité ; la couleur devient plus foncée et moins intense. A l'état écrasé sec, la variation est faible par rapport à l'état sec : dans les profils rouges, elle augmente de une unité « value » (2,5 YR 4/8 à 5/8 ou 4.5/8 à 5.5/8) et devient plus claire.

Dans l'horizon supérieur, la couleur à l'état sec est plus foncée et moins intense que dans l'horizon B₂ ; elle est 2,5 YR 4/4, 5 YR 4-5/3-4, 7,5 YR 4-5/4, 10 YR 5/3. De l'état sec à l'état humide, il y a une diminution de une unité « chroma » et « value » ; cette diminution est plus forte dans les horizons jaunes et clairs. Dans certains horizons A, la couleur est dominée par celle des grains de sables qui sont vernis d'une pellicule violacée (2,5 YR 4/2 - 10 R 5/2-3).

Les sables quartzeux lavés aux acides chauds sont *blancs*.

La couleur de l'horizon B₂ est intense et *mate* ; il n'y a pas de luisance due aux revêtements argileux comme dans les sols ferrugineux fersiallitiques.

La variation de la couleur en fonction de la position dans le modelé est assez peu nette. Il semble, dans les cheminements, qu'elle est dégradée sur pente ou en bas de pente, mais ce n'est souvent que l'apparence de l'horizon supérieur. L'étude des profils montre que la couleur est orangée à jaune sur le plateau d'Araripe (profils U 22, U 57, O 5, O 6, O 38), en position haute du modelé 2 A (O 15, V 1, V 2, J 5, J 43) sur pente (V 11) ou en bas de pente ; la couleur est rouge en position haute ou en début de pente du modelé 2 A (J 32, J 33, J 35, V 8, V 14, U 19), mais aussi sur pente (U 1) ; la couleur est rouge faible à orangée en position haute ou sur faible pente du modelé 2 A. Les résultats ne sont donc pas très significatifs.

Il n'y a pas de taches, de concrétions ferrugineuses, de calcaire, ni de revêtements argileux. Les raies sont très généralement absentes ou très peu marquées dans un seul profil.

Texture - pseudo-sables

D'une manière générale, les profils sont sableux, et il n'y a pas de minéraux primaires autres que le quartz en A et B.

L'horizon A est généralement sableux et les grains de quartz sont peu à non vêtus, mais colorés.

Dans le sous-horizon B₁, la texture est sableuse, parfois sablo-argileuse avec des grains un peu vêtus d'argile.

Dans le sous-horizon B₂, la texture est souvent sableuse. Mais parfois dans les profils secs et si l'on ne fait pas un pétrissage prolongé, on la sous-estime sur le terrain car elle apparaît sablo-argileuse à argilo-sableuse à l'analyse ; par suite de la présence de *pseudo-sables*, c'est-à-dire de minéraux argileux assez durcis qui adhèrent assez fortement aux grains de quartz.

La texture du profil dépend de celle de la roche mère ; c'est ainsi que les sous-horizons B₂ des profils sur les grès supérieurs de la « chapada » de Araripe, sur les plateaux résiduels d'Altaneira sont argilo-sableux à argileux (O 5, O 6, O 37, O 38, U 18, U 22, U 44, U 57) ; sur les grès inférieurs Araripe, ils sont quelquefois argilo-sableux (U 1, V 8) ; mais parfois il y a une variation dans le profil qui peut être en relation avec l'hétérogénéité du matériau (U 1) ; sur les arénites meubles (série Moura, Açú, Barreira), ils sont généralement sableux à sablo-argileux.

Donc, par suite de la présence de pseudo-sables et de l'hétérogénéité du matériau sédimentaire, il est difficile de montrer l'action du lessivage des minéraux argileux dans le profil ; cependant il est très probable que l'on ait un départ d'argile dans l'horizon A.

Autres caractères morphologiques

Ils sont analogues dans les différents horizons.

La texture est *particulière* ; il y a parfois une sous-structure pulvérulente dans les profils secs ; rarement elle est polyédrique fine avec sous-structure particulière ; la liaison entre les agrégats est faible. Il n'y a pas de fentes et le profil a un aspect non structuré, massif ou fondu.

La consistance à l'état sec est *meuble* ; rarement peu dure dans les profils sablo-argileux à argilo-sableux. A l'état humide, elle est meuble à friable. A l'état trempé, *non collant non plastique* ; quelquefois peu collant, peu plastique dans les profils sablo-argileux à argilo-sableux.

La porosité est moyenne à importante. Il y a de nombreux petits pores. La perméabilité est très bonne. Ces sols se ressuent très vite ; ils viennent en deuxième position, après les sols peu évolués d'apport, sableux.

Les racines sont abondantes jusqu'à 50 cm ; elles descendent souvent plus profondément.

La limite entre les horizons est *diffuse* et régulière, parfois graduelle.

Les caractéristiques de structure, consistance à l'état sec et trempé, de perméabilité, sont bien particulières dans ces sols et sont probablement en relation avec la présence de pseudo-sables.

CARACTÈRES PHYSICO-CHIMIQUES.

Granulométrie

Le pourcentage de terre fine est compris entre 95 et 100 %.

L'horizon A contient généralement 3-7 % d'argile, quelquefois 17 ou 37 ; 2-3 % de limons (rarement 5-7) ; 15-25 % de sables fins (parfois 36) ; 46-70 % de sable grossiers (parfois 25-40).

L'horizon B₂ contient 10-20 % d'argile ou 40-50. 1,5 % de limons (très rarement 8-10). 15-30 % de sables fins (parfois 30-50). 40-60 % de sables grossiers ou 20-40.

Le rapport limon/argile % dans le sous-horizon B₂ est compris entre 10 et 16 dans la moitié des cas, entre 5 et 9 dans 25 % des cas et 27 et 35 dans 25 % des cas.

Dans les profils U 22 et U 57, sur la « chapada » de Araripe, le taux d'argile (de l'ordre de 45 %) ne varie pas dans le profil entre 30 et 200 cm et entre 90 et 400 cm.

L'horizon A est toujours moins argileux que l'horizon B. Le rapport de la teneur en argile de l'horizon B sur celle de l'horizon A est généralement plus élevé dans les profils à horizon B sableux à sablo-argileux (2,5 à 6, parfois 1,2) que dans les profils à horizon B argileux (1 à 2,8).

Humidité équivalente

Dans l'horizon A, elle varie de 3 à 10 % dans les horizons sableux, et de 15 à 20 dans les horizons argilo-sableux.

Dans l'horizon B, elle varie de 5 à 12 dans les horizons sableux à sablo-argileux et de 15 à 16 dans les horizons argileux.

Matière organique

Dans l'horizon A de 0.20 cm, le taux de matière organique est généralement compris entre 0,6 et 1 % ; il est rarement compris entre 1,5 et 2. Le rapport C/N est compris entre 10 et 14 ; rarement de 5 à 10 et de 15 à 20.

Dans l'horizon B, le taux de matière organique tombe rapidement à 0,3 % entre 60 et 80 cm, mais même de 20 à 30 cm ; il est encore assez élevé, 1,1 à 1,4 dans les profils où le taux est élevé dans l'horizon A ; il décroît donc assez vite dans les 70 premiers cm, mais plus lentement jusqu'à 200 cm. Le rapport C/N varie de 10 à 15 ; il est parfois de 20 ou de 4.

Bases échangeables

Dans l'horizon A, le taux de calcium est compris entre 0,5 et 1,5 mé/100 g de terre. Le taux de magnésium est inférieur à celui du calcium ; il est compris entre 0,2 et 1. Le taux de potassium est identique, 0,1-0,2. La somme des bases est comprise entre 1 et 3. La capacité d'échange, entre 3 et 10. Le taux

de saturation entre 20 et 70 %. Les horizons argilo-sableux ont une capacité d'échange de 7 à 10, une somme des bases de 2 à 3, et un taux de saturation de 10 à 30. Il y a une relation également avec le taux de matière organique, et souvent ce sont les horizons les plus argileux qui sont les plus riches en matière organique.

Dans l'horizon B, le taux de calcium est compris entre 0,2 et 0,5 (quelquefois entre 0,7 et 1,5) ; il est moins élevé que dans l'horizon A ; quelquefois, il est inférieur ou égal au taux de magnésium ; même certains horizons argileux ne sont pas plus riches que les horizons sableux à 10,15 d'argile. Le taux de magnésium est compris entre 0,1 et 0,5 (parfois entre 0,5 et 1). Les taux de potassium et de sodium sont analogues, 0,03 à 0,3. La somme des bases est comprise entre 1 et 3. La capacité d'échange, entre 3 et 4 (rarement de 5 à 8). Le taux de saturation entre 10 et 30 (très rarement entre 40 et 70).

Phosphore

Le taux de phosphore total est compris entre 0,01 et 0,05 ‰ dans le profil.

pH

Le pH eau de l'horizon A est compris entre 4,5 et 6. Le pH KClN entre 3,7 et 4,8, soit une différence de 0,7 à 1,2.

Le pH eau de l'horizon B est compris entre 4 et 5. Le pH KClN entre 3,6 et 4,3, soit une différence de 0,4 à 1.

Le pH eau de l'horizon B est généralement inférieur à celui de l'horizon A ; la différence varie entre 0,1 et 0,3. Il est rarement supérieur (+0,1 à +0,3).

Analyses totales

Dans l'horizon A, la somme des taux de silice, alumine et fer correspond sensiblement au taux d'argile. La silice varie de 2 à 4 % dans les horizons sableux et de 14 à 17 dans les horizons argilo-sableux. L'alumine de 1 à 3 % et de 14 à 17. Le fer total de 0,5 à 1,7 % et de 1,6. Le rapport silice/alumine varie de 1,4 à 1,9 et de 2 à 3.

Dans l'horizon B argileux, la somme des taux de silice, alumine et fer est souvent inférieure au taux d'argile. Dans ceux-ci, les taux de silice et d'alumine varient de 17 à 20 ; de fer de 4 à 6 ; le rapport silice/alumine est compris entre 1,6 et 1,9 ; et le rapport silice/alumine+fer entre 1,4 et 1,7. Dans les horizons B sablo-argileux, le rapport silice/alumine est souvent compris entre 2 et 2,5.

Fer

Le taux de fer libre est faible. Il est compris entre 0,2 et 1,5 %. Il est plus élevé dans l'horizon B que dans l'horizon A ; dans l'horizon B, le taux est généralement compris entre 0,5 et 1,5.

Le rapport fer libre/fer total, dans tout le profil, est compris entre 30 et 50 % (comme dans les sols ferrugineux fersiallitiques).

Le rapport fer libre/argile est de 2 à 3 % dans l'horizon B, et de 3 à 5 dans l'horizon A.

CARACTÈRES MINÉRALOGIQUES

L'argile qui domine est la *kaolinite*, généralement bien cristallisée. La *gœthite* est toujours présente en faible quantité, mais plus importante que dans les sols ferrugineux fersiallitiques. La *gibbsite* est présente

dans les sols du plateau d'Araripe en faible quantité. Il y a parfois des traces de chlorites. L'illite est présente (*à l'état de traces* au profil J 32 sur série Barreira ⁽¹⁾).

COMPARAISON AVEC LES SOLS FERRUGINEUX FERSIALLITIQUES

Il y a une différence extrêmement nette de *roche mère* et de *modèle*.

Les sols ferrallitiques sont généralement très profonds, surtout sur les grès et plus profonds que les sols ferrugineux, fersiallitiques ; mais en position haute de montagne ou de pénélaine, la profondeur de ces derniers peut être comparable à celle des sols ferrallitiques ; c'est dans ce cas d'ailleurs qu'il y a la plus grande difficulté à les distinguer.

Dans l'horizon caractéristique, la gamme des couleurs est plus étalée dans les sols ferrallitiques, car les sols ferrugineux fersiallitiques sont généralement rouges et plus rouges que les sols ferrallitiques ; dans les sols ferrugineux fersiallitiques, il y a des différences de couleur dues à la présence de revêtements argileux. Il n'y a ni taches, ni concrétions, ni calcaires dans les deux types de sols. La texture est souvent analogue. Sur les autres caractères, la différence est très nette : dans les sols ferrugineux fersiallitiques, présence de revêtements argileux, absence de pseudo-sables, structure polyédrique moyenne (parfois quelques fentes), structuration plus nette, perméabilité moyenne, consistance à l'état sec peu dure à dure, collant plastique à l'état trempé, limites graduelles ; dans les sols ferrallitiques, absence de revêtements, présence de pseudo-sables, structure particulière, perméabilité rapide à très rapide, consistance à l'état sec meuble, à l'état trempé non collant non plastique, limites diffuses. Cependant, dans certains sols ferrugineux fersiallitiques profonds, le sous-horizon B₂₂ ressemble parfois à l'horizon B₂ des sols ferrallitiques.

Dans l'horizon caractéristique, le rapport limon/argile, la somme des bases, la capacité d'échange, le taux de saturation, le pH, le rapport silice/alumine, le taux de fer libre, le rapport fer libre/argile, sont plus faibles dans les sols ferrallitiques ; mais le rapport fer libre/fer total est analogue.

La nature de l'argile est assez voisine dans ces deux types de sols ; mais notons généralement l'absence d'illite et le degré de cristallisation de la kaolinite plus fort dans les sols ferrallitiques.

En définitive, ces deux types sont assez aisément différenciables. Mais il existe d'assez grandes difficultés pour individualiser certains sols ferrugineux fersiallitiques profonds qui ont une tendance ferrallitique et inversement certains sols ferrallitiques (étudiés par la suite dans les variantes) qui ont une tendance ferrugineuse fersiallitique.

II. — SOLS FERRALLITIQUES, GÉNÉRALEMENT SUR ARÉNITE : VARIANTES

L'étude porte sur 25 profils, dont 10 analysés. Ces profils représentent des variantes dans la classification, mais leur extension au point de vue des surfaces est assez restreinte.

(1) L'illite est présente (en faible quantité) dans les profils C 1, I 4, I 5 cités plus loin dans les variantes ; ces profils pourraient être des intergrades vers des sols ferrugineux fersiallitiques.

PROFIL HUMIFÈRE

C'est le profil U 18, observé sur la « chapada » de Araripe, et dont l'extension est restreinte à la zone de forêt classée, haute, dense, de type « mata ». Il correspond à un modelé de plateau, 1 B, à une altitude de 700 m, et à une roche mère gréseuse. (grès supérieurs).

Il est caractérisé par la richesse en matière organique de l'horizon A, qui décroît lentement dans le profil. Cet horizon comporte un sous-horizon A₀₀, de tapis de feuilles mortes plus ou moins en décomposition ; un sous-horizon A₁₁, de 0 à 5 cm, très humifère, noir avec de nombreuses racines ; un sous-horizon A₁₂, de 5 à 35 cm, foncé (10 YR 2/2), riche en matière organique (5-6 %), avec de nombreuses racines ; un sous-horizon B, de 30 à 60 cm..., assez riche en matière organique, foncé (10 YR 3.5/4).

Les caractères morphologiques et physico-chimiques (à l'exception de la matière organique) sont analogues à ceux de l'orthotype.

PROFILS A REVÊTEMENT ARGILEUX

Les profils D 15, D 16, D 17 (aux environs de Quixada) sont à la limite géographique de la série Barreira, mais l'étude du contexte (géomorphologie, interprétation photo, observations de terrain) permet de savoir que la roche mère est encore la série Barreira, dans un modelé 2 A. Les profils, I 4, I 5, I 8 (entre Quixada et Quixeramobim) sont situés sur des petites surfaces isolées, où il est possible qu'il existe encore des lambeaux de couverture détritique en position haute, au-dessus du gneiss ou du granite ; à proximité du profil I 5, l'on trouve en effet entre l'horizon B et C (granitique) une nappe de cailloutis de quartz semi-roulés ; les profils sont donc de type AB II C (ou ABC ?).

Ils sont caractérisés par la présence de *revêtements argileux* sur la totalité ou la partie supérieure de l'horizon B. L'horizon ou la portion d'horizon B avec revêtements, dont l'intensité maximum se situe en B₂ ou en B₂₁ vers 80 cm de profondeur, possède alors certains caractères morphologiques de sols ferrugineux fersiallitiques : structure *polyédrique moyenne*, à structuration faible (apparence massive de l'horizon avec peu à pas de fentes dans le profil sec), consistance *peu dure à dure* à l'état sec, *collant plastique* à l'état trempé. Le sous-horizon B₂₂, sans revêtements (très net au profil I 5), de 100 à 150 cm, possède des caractères de sols ferrallitiques : pas de revêtements, structure *particulaire*, perméabilité, *porosité très fortes*, consistance *meuble à peu dure* à l'état sec, peu collant peu plastique à l'état trempé. Tous ces profils sont assez profonds (1,5 m environ). Ils sont de couleur rouge faible, à l'état sec, dans l'horizon B (5 YR 5/6-8). La texture est argilo-sableuse dans l'horizon B et sableuse dans l'horizon A ; on observe des feldspaths dans l'horizon B (ce qui ne contredit pas un B détritique).

Au point de vue analytique, les profils I 4 et I 5 ne présentent pas de différence avec les sols ferrallitiques, au point de vue des taux de fer libre. Mais il est bon de noter la présence d'illite en faible quantité. De plus, ils se situent généralement dans les limites supérieures des sols ferrallitiques pour le rapport *limon/argile*, les bases, la capacité d'échange, le taux de saturation. Ils sont analogues à certains sols ferrugineux fersiallitiques profonds et tous deux représentent donc un intergrade entre sols ferrugineux fersiallitiques et sols ferrallitiques.

PROFILS A RAIES

L'on observe des raies sur série Barreira, à modelé 2 A, dans des sols ferrallitiques sableux, à couleur rouge faible à jaune (profils D 2, D 6, J 40, J 43, E 7). Les raies sont des lignes d'accumulation d'argile, de matière organique et de fer dans l'horizon B₁ (rarement B₂) de 50 à 100 cm de profondeur (parfois

de 10 à 100 ou de 40 à 200). Parfois, elles sont très peu visibles (J 40, J 43) ; parfois l'horizon inférieur est un horizon B₃, tacheté (E 7) ou un horizon hétérogène correspondant à la base de la série Barreira (D 6). Les caractères morphologiques et analytiques sont ceux de l'orthotype.

PROFILS A TACHES ET HORIZONS TACHETÉS.

Les manifestations d'hydromorphie dans les sols ferrallitiques sont relativement peu abondantes.

Il est rare de les observer dans la partie supérieure du matériau Barreira (profils E 7, D 5) ; parfois l'horizon hydromorphe est surmonté d'un horizon à raies d'accumulation (E 7). Les profils ne sont pas situés en position topographique basse et la cause de l'hydromorphie est probablement due à un horizon inférieur plus argileux ou à la présence du gneiss au-dessous, moins perméable. Des taches rouges assez nombreuses apparaissent vers 50 ou 200 cm dans un horizon argilo-sableux ou sableux, de couleur jaunâtre. Cette hydromorphie paraît subactuelle à actuelle.

Un horizon tacheté, qui pourrait être ancien et où le matériau semble se confondre avec le sol, est souvent observé dans la partie inférieure du matériau Barreira, à la limite de la série et du socle cristallin, lorsque les profils sont situés en position topographique haute par rapport aux alluvions. Le matériau a une texture hétérogène avec des passées sableuses et argileuses et des galets disposés horizontalement ; les taches sont très abondantes, de couleur rouge, jaune ou grise, vives et mates, pas très grandes et disposées horizontalement.

Lorsque les profils sont situés en position topographique basse (E 17, E 19), l'hydromorphie peut se manifester également dans la roche gneissique, sous le matériau Barreira (E 19) ; on observe alors dans le gneiss une altération profonde (supérieure à 2 m d'épaisseur) et des couleurs variées, vives et mates, ocre-jaune, rouille, en grandes plages orientées verticalement ; l'altération est sableuse, avec des minéraux primaires non entièrement décomposés et l'analyse totale montre une somme silice, alumine et fer de 51 %, en même temps qu'un taux élevé de magnésium et de sodium dans les bases échangeables.

Au profil E 15, sur schistes et sur pente, il n'y a plus de couverture Barreira, mais l'altération des schistes est analogue à celle des gneiss du profil E 19, mais plus argileuse (à cause de la nature du matériau), profonde, avec des couleurs vives et mates, rouges, jaunes, ocre et grises ; le profil est du type AC avec l'horizon C d'altération ferrallitique subactuelle.

Enfin, dans des profils sur matériau Barreira (D 4, D 9), les taches peuvent être accompagnées de concrétions ferrugineuses. Au profil D 9, elles sont très abondantes dans la partie supérieure du profil (horizon A) et indiquent que le profil est un profil « tronqué d'érosion » ; les taches rouges apparaissent de 40 à 70 cm dans un horizon argileux jaunâtre.

PROFILS A CONCRÉTIONS ET CUIRASSES.

Les sols à concrétions ferrugineuses et cuirasses présentent une certaine extension sur les arénites, à l'ouest du bassin (Campos Sales) et autour d'Altaneira (U 44). Ils sont très rarement observés sur les autres arénites (Séries Açu, Barreira) (profils J 9, J 16, J 48, D 4, D 7, D 9, D 17, C 1).

Ils sont situés en position haute : modelé 1 B, ou en position haute du modelé 2 A.

On n'observe pas de concrétions et carapaces dans des sols *formés sur des roches mères cristallophylliennes*. Si, dans les profils D 7, C 1, J 48, on rencontre des gneiss ou des micaschistes en profondeur, nous supposons que les profils sont des sols résiduels formés à partir du matériau détritique Barreira, reposant en discordance sur le socle cristallin (profil AB II C).

Les horizons situés au-dessus ou au-dessous des horizons à concrétions ou cuirasses sont des horizons de sols ferrallitiques qui ressemblent parfois à l'orthotype par leurs caractères morphologiques ou analytiques, mais parfois en diffèrent légèrement : au profil D 17, l'horizon B₂, jusqu'à 1,60 m de profondeur, est rouge, argileux, avec des revêtements argileux. Dans les profils D 4 et D 9, ils contiennent des taches d'hydromorphie ; dans les profils D 7, J 48, ils ont une structure grumeleuse à polyédrique fine, avec sous-structure pulvérulente et une consistance peu dure à l'état sec. La texture est généralement argilo-sableuse à argileuse.

L'horizon à concrétions ferrugineuses commence généralement vers 50 cm de profondeur ; parfois (J 9, J 48, D 7, D 9), il est proche de la surface (de 0 à 30 cm). Elles sont accompagnées d'un cailloutis de quartz semi-roulés et concrétions et cailloutis représentent 80 % de l'ensemble de l'horizon en volume. Au profil U 44, sur un petit plateau résiduel, les concrétions commencent à 95 cm de profondeur ; l'analyse des concrétions par rapport à l'horizon B₂, au-dessus, montre 6 % de fer libre contre 4 dans ces derniers ; 20 % de silice et d'alumine dans les deux, mais 23 % de fer total dans les concrétions contre 8 en B₂, ce qui indique une *accumulation absolue* de fer dans les concrétions *formées en place* dans le profil. Sur la route de Russas à Fortaleza à la limite du bassin, des blocs de cuirasse affleurent à la surface du sol. Au profil D 17 (comme à proximité du profil U 44), la cuirasse commence à 160 cm de profondeur au-dessous de l'horizon B₂ et renferme des galets appartenant à la base de la série Barreira ; elle se poursuit en-dessous dans le gneiss, peu altéré, où l'on distingue nettement la schistosité de la roche.

III. — SOLS FERRALLITIQUES A CONCRÉTIONS ET CUIRASSES SUR CALCAIRE

Ces sols dominent sur la « chapada » de Apodi, sur calcaire dur, et dans un modelé de plateau 1 B, à une altitude de 20 à 100 m environ. Ils coexistent, par places avec des vertisols et des sols bruts d'érosion (profils E 25, E 28, E 29, K 1, K 3, K 5).

Les profils sont de type ABCD. Ils ont une épaisseur variable ; l'horizon C commence à partir de 215 cm ou à plus de 190, parfois à 70 cm seulement (1). L'horizon A est peu épais (20 à 30 cm), peu humifère et peu différent de l'horizon B. Celui-ci est quelquefois rouge (2,5 YR 4/6), mais souvent brun-jaunâtre, 5 YR 4-5/6-8 ou 7,5 YR 5/6-8 à l'état sec ; il y a peu de changement à l'état humide et à l'état écrasé sec ; la couleur est mate. Il n'y a pas de revêtements argileux. Il n'y a presque jamais de taches. Il n'y a pas de calcaire. Il y a presque toujours dans les profils (en A et B) et à la surface du sol des petites concrétions de 0,5 à 1 cm³, brun-jaunâtre à l'extérieur, noires à l'intérieur, de fer et de manganèse, rondes, lisses, durcies, qui ne font pas réaction à l'acide et qui occupent parfois 80 % de l'horizon en volume ; elles ne sont pas accompagnées d'un cailloutis de quartz ; quelquefois, elles forment une carapace ou une cuirasse dans un horizon ou au contact de l'horizon D. La terre fine est sablo-argileuse parfois argileuse, mais la différence de texture est très faible entre les horizons A et B. La présence des concrétions favorise souvent la structuration et quelquefois les profils sont meubles à peu durs à l'état sec ; la structure est donc souvent analogue à celle des sols à concrétions sur arénite, c'est-à-dire polyédrique fine à angles arrondis à grumeleuse, avec liaison faible entre les agrégats et sous-structure pulvérulente dans les profils secs. Il y a parfois de gros pores et la microporosité est assez importante ; mais la perméabilité est moins grande que dans l'orthotype sur arénite. La consistance à l'état sec est souvent peu dure à dure ; certains profils sont

(1) Fazenda-Scierie Tomé, à hauteur de Quixeré : roche à partir de 15 m ; au-dessus, sol non calcaire ; de 0-4 m, rouge ; de 4-15 m, jaunâtre avec concrétions ferrugineuses.

nettement compacts et durs à creuser ; parfois la consistance est meuble ; à l'état trempé, elle est collante, plastique, à peu collante, peu plastique. Les limites sont abruptes à graduelles. L'horizon C ne mesure que 1 cm d'épaisseur et il est parfois absent ; il fait réaction à l'acide. L'horizon D est très dur et fait fortement réaction à l'acide.

Au point de vue analytique, le taux d'argile varie de 20 à 60 %. Le taux de limons est voisin de 5 % et le rapport limon/argile est compris entre 10 et 20 %. Le taux de matière organique est assez élevé dans l'horizon A, 1,5 à 2,5 %, avec un rapport C/N compris entre 10 et 15. Le taux de calcium échangeable est relativement élevé, 4 à 10 mé/100 g. La somme des bases est de 8 à 10. La capacité d'échange, de 8 à 10 et le taux de saturation de 80 à 100 %. Le rapport silice/alumine est souvent de 2, mais parfois de 1,8 ou de 2,5. Le taux de fer libre est parfois élevé, 3 à 4 %, parfois de 1 à 2.

Ces sols, variantes des sols ferrallitiques, se présenteraient donc comme des intergrades sols ferrallitiques - ferrugineux fersiallitiques.

SOLS HALOMORPHES

I. — SOLS SALINS

CARACTÈRES DE CLASSIFICATION

Ces sols sont caractérisés par une conductivité (millimhos/cm) supérieure à 4 et un rapport Na/T % supérieur à 12 ; ce sont donc des sols salés à alcali. Mais la structure ne semble pas sensiblement modifiée, même pour les vertisols salés à alcali par rapport aux vertisols non salés.

FACTEURS D'ENVIRONNEMENT

Ces sols représentent une très faible extension ; des profils ont été observés dans le bas Jaguaribe, la région d'Ico, le Cariri et la région de Taoua ; ils peuvent apparaître également dans la région d'Iguatu, de Quixada, etc.

Ils existent, par places, dans les *alluvions seulement*, sur un modelé 1 A, de 0 à 400 m d'altitude ; ils sont donc situés en position topographique basse à mauvais drainage interne.

Ils sont ainsi liés à la présence d'une nappe phréatique fluctuant saisonnièrement dans le profil avec souvent submersion par les eaux d'inondation une partie de l'année. L'enrichissement en sels du profil est souvent favorisé par les conditions particulières de l'environnement : par exemple, dans les alluvions de la région de Crato-Juazeiro do Norte, les sels proviennent de la série Santana, riche en gypse ; dans la région d'Iguatu, des marnes qui peuvent être plus ou moins salées ; dans le bas Jaguaribe, de la nappe marine ; à l'aval du barrage de Cedro (près de Quixada), des eaux du barrage un peu salées, elles-mêmes enrichies par les diorites à amphibole environnantes.

La végétation est généralement rare à nulle sur ces sols et les cultures absentes, à cause de la compacité du sol.

CARACTÈRES MORPHOLOGIQUES

L'étude porte sur les profils E 1, E 36, U 47, U 51, E 11, E 18, E 40, N 13, P 42. Morphologiquement, ces sols sont analogues aux vertisols hydromorphes et aux sols hydromorphes.

Par rapport aux vertisols hydromorphes, les principales différences portent sur la présence en surface dans certains profils d'une pellicule, de 1 cm d'épaisseur, de sables fins éoliens qui masque les fentes de retrait. Sur l'absence de fentes de retrait en surface dans certains profils qui présentent alors une surface unie et compacte. Sur l'absence ou la présence peu marquée parfois des « slickensides » dans le profil. Ils ne contiennent pas de calcaire. La structure dans l'horizon supérieur n'est pas grumeleuse.

L'analogie avec les sols hydromorphes des profils E 1, E 36 porte sur la présence de taches d'hydromorphie, parfois dès le premier cm au-dessous de la surface. Les différents horizons correspondent à différentes strates d'alluvionnement de 30 cm d'épaisseur environ, dont la texture est variable, de sableuse à argilo-sableuse. Dans ces deux profils, il y a aussi en surface une pellicule sableuse éolienne salée.

CARACTÈRES CHIMIQUES

Les caractéristiques essentielles sont le pH, la conductivité, le rapport Na/T %, les sels solubles. La signification des chiffres des bases échangeables est sujette à caution étant donné la présence de sels solubles ; les taux de calcium, de magnésium et de sodium sont élevés.

Le pH eau ne dépasse pas 8,7, malgré les valeurs élevées de la conductivité et du rapport Na/T et il est souvent de 5 à 6. Ces valeurs acides du pH sont en relation avec la présence des ions Cl^- et SO_4^{--} dans les sels solubles. Le pH augmente avec la profondeur (comme la conductivité et le rapport Na/T). Le pH KCl N est inférieur de 1 à 1,5 unité pH au pH eau.

La conductivité est généralement supérieure à 4 dans tous les horizons ; rarement dans un seul horizon seulement. Le rapport Na/T est généralement supérieur à 12, parfois égal à 12, dans tous les horizons ; rarement dans un seul horizon seulement.

La conductivité et le rapport Na/T augmentent avec la profondeur (sauf dans le profil E 11) ; dans le profil E 1, la conductivité est très forte dans la pellicule superficielle contenant des efflorescences salines.

Au profil U 47, proche de Juazeiro do Norte, les sels solubles sont riches en ions SO_4^{--} , Ca^{++} et Na^+ correspondant au gypse de la série Santana. Proche d'Aracati, les ions Cl^- et Na^+ dominant avec un peu d'ions SO_4^{--} et près de Taoua, l'ion CO_3^{--} devient un peu important, alors qu'il est absent dans les autres profils.

Voici quelques résultats dans les différents profils.

N°	E 1	E 36	U 47	U 51	E 11	E 18	E 40	N 13	P 42
Profondeur (cm)	0-1 1-20 90-110	10-40 110-130	0-30 40-80	0-30	1-15 40-60	0-20 70-80	0-30 80-100	0-20 30-50	0-30
Argile %	18 40 16	43 11	59 72	50	40 23	44 56	47 52	30 33	44
pH eau	5,5 4,6 7,4	5 7,6	7,6 8,1	6	5,7 6,8	6 6	6,1 6,6	6,3 8,7	7,3
Na échangeable (1) (mé/100 g)	19 31 31	7 7	6,5 21	4	31 35	1,2 17	2 4	1 6,6	6
Conductivité (2) (mmhos/cm)	23,5 9,4 11,7	20 25	7,5 8,6	3,7	23,5 2,4	1 4,7	1,8 4,7	1,5 4,5	20
Na/T %	60 72 72	27 56	12 35	15	58 50	5,5 51	5 12	5 24	25
Cl^-		18 24	2 3,5	4,5			3,5 4,7	8,3 33	13
SO_4^{--}		6 2,6	24 26	3,2			1,3 6,5	0 0	0
CO_3^{--}		0 0	0 0	0			0 2	6,7 4,1	0
Ca^{++}		3,6 2,3	9,4 5	0,4			1 1	5,2 3	0,9
Mg^{++}		3,3 2,3	2,5 2	0,3			1,4 0,2	1 4	0,7
K^+		0,1 0,2	0,08 0,1	0,2			0,05 0,08	0,3 3	0,1
Na^+		9,2 15,5	8 13	2			0,8 2,3	10 34	6

(1) Sodium échangeable par la méthode à l'acétate sans lavage des sels solubles.

(2) Méthode Riverside.

II. — SOLONETZ SOLODISES

FACTEURS D'ENVIRONNEMENT.

SITUATION

Ces sols sont situés à l'aval du bassin, principalement sur les feuilles Jaguaribe, Baturité et Quixeramobim, et à l'amont sur la feuille d'Arneiroz. A l'aval du bassin, on les observe surtout entre Senador Pompeu, Quixeramobim et Quixada, entre Quixada, Morada Nova et la limite nord du bassin et dans la région centre-ouest de la feuille de Jaguaribe.

ROCHE MÈRE

La roche mère est très souvent constituée de *deux matériaux superposés* : un matériau détritique résiduel meuble (correspondant généralement à l'horizon A) surmontant le gneiss ou le granite. Parfois, la complexité des matériaux est moins facile à démontrer. Nous avons observé un seul profil sur alluvions-colluvions ; mais il est possible que ces sols soient plus abondants dans les zones alluviales.

La complexité des matériaux peut être montrée de trois manières :

1. Par l'étude du contexte *géologique et géomorphologique* sur photo aérienne et sur le terrain. Le degré de dégradation de la couverture détritique va de pair avec un degré de rajeunissement croissant des formes anciennes mises à nu. La séquence pédologique correspondante évolue ainsi : sols ferrallitiques modaux, sols peu évolués d'apport (profils A₁, A₂, sableux), sols peu évolués d'érosion (profils complexes A II B₃ II C ou A II C), solonetz solodisés, sols peu évolués d'érosion (profils AC ou C).

2. Par la très grande *différence de texture* entre l'horizon A et B dans certains profils qui semble difficilement résulter du lessivage. Dans les cas les plus démonstratifs (profil J 18), l'horizon B est un horizon B₃C, riche en argile grise (5 Y 5/2) montmorillonitique, avec de nombreux minéraux primaires non entièrement décomposés, organisés comme la « schistosité » de la roche gneissique sous-jacente, mais *très durci*. On suit d'ailleurs facilement les séquences d'évolution en observant d'autres profils (types A II B₃C) qui sont analogues, c'est-à-dire avec un horizon A d'apport et résiduel, un horizon B₃ très argileux et montmorillonitique, mais non durci.

3. Mais surtout la *discontinuité* est très évidente dans 10 profils sur 26, car ils contiennent dans l'horizon A, ou à la base de celui-ci, un sous-horizon de calloutis semi-roulés de quartz, souvent observé dans les horizons d'apport et résiduels. Les profils à discontinuité de texture et à sous-horizon de calloutis représentent 16 sur 26 des profils observés.

MODELÉ

Ces sols sont absents sur les « surfaces d'attaque » où dominent les sols ferrugineux fersiallitiques et sur les arénites à sols ferrallitiques. Mais leur présence est assez caractéristique sur certaines « surfaces d'aplanissement » : variantes du modelé 2 A (surface de contact, paléoglacis, région de Senador Pompeu-Quixeramobim) variante du modelé 2 B (bassin versant du rio Palhano), mais assez rarement sur le modelé 2 B modal, c'est-à-dire sur la dernière surface d'érosion.

Ils sont donc situés sur une avant-dernière surface d'érosion qui apparaît assez conservée à l'amont entre Senador Pompeu et Quixeramobim et dont les vestiges à l'aval se sont conservés sous forme de plateaux subhorizontaux ou en bordure, grâce à la couverture Barreira qui les a protégés du rajeunissement

observé en cours sur le bassin versant du rio Palhano, mais très avancé sur le modelé 2 B modal de la région de Jaguaribe.

En dehors de ces régions, ils apparaissent parfois à l'intérieur du bassin (nord de Boa Viagem, ouest du bassin) sur des petits plateaux cristallins, résiduels, isolés.

DRAINAGE

Le drainage interne est généralement mauvais. L'on observe en effet en saison des pluies, en position haute sur les petits plateaux, des micro-nappes perchées qui circulent dans l'horizon A, surtout lorsqu'il est riche en cailloutis semi-roulés et dont l'action se traduit dans les profils par des taches d'hydromorphie dans l'horizon A et aussi dans l'horizon B.

Il y a une différence de perméabilité extrêmement grande entre l'horizon A très perméable et l'horizon B imperméable. Cependant, celui-ci se ramollit pendant la saison des pluies grâce à l'horizon A sableux qui favorise son imbibition. Aussi, lorsque l'horizon A est peu épais, le sol a une très mauvaise adhérence et les véhicules risquent de s'embourber comme dans les zones argileuses. Par contre, l'horizon B se mouille difficilement lorsqu'il est mis à nu par l'érosion : dans les ravines d'érosion et sur les bords des routes où l'horizon A a été entraîné, l'horizon B forme une croute grisâtre assez dure, même pendant la saison des pluies.

EROSION

A l'échelle géologique, elle a eu pour effet de balayer et remanier les couvertures détritiques ou les horizons supérieurs du sol pour conduire à un matériau d'apport et résiduel généralement peu épais qui recouvre le socle cristallin gneissique ou granitique.

COUVERTURE VÉGÉTALE

La couverture arbustive est souvent peu différente des autres types de sols ; mais parfois, et par taches, elle est rare à nulle, remplacée par une végétation herbacée rase, ce qui donne un paysage un peu analogue à celui de la « naga » du Tchad.

CARACTÈRES MORPHOLOGIQUES.

L'étude porte sur 26 profils dont 7 analysés. Ils sont de type A II BC ou ABC ; plus précisément, lorsque le sous-horizon de cailloutis est à la base de l'horizon A ou lorsqu'il y a discontinuité très nette de texture, le profil est de type A II B II C ; lorsque le sous-horizon de cailloutis est au milieu de l'horizon A, il est de type A — II A — III A — IV B — IV C ; de plus, les profils présentent souvent des caractères de pseudo-gley en A et B et ils s'écrivent $A_g B_g C$.

Horizon A

L'horizon A est un horizon « d'apport et résiduel, ochric à albic ».

Dans 3 profils (I1, J7, I19), l'horizon A mesure respectivement 90, 100, 135 cm d'épaisseur ; 10 cm au profil J22 ; 20 à 30 cm dans 12 profils ; 40 à 60 cm dans 10 profils.

Il se subdivise en $A_1 A_2$ ou $A_{11} A_{12}$, $A_{21} A_{22}$ avec parfois l'horizon A_2 (blanchi, non cendreaux) dès la surface.

A l'état sec, la couleur est très généralement *gris clair* 10 YR 6-7/1-4, parfois plus foncée 5/2-3, quelquefois beige ; la couleur est plus claire dans le sous-horizon A₂ que dans le sous-horizon A₁. A l'état humide, la couleur est gris foncé 10 YR 3-5/2-3.

On observe des taches d'hydromorphie de *pseudo-gley* dans 11 profils. Elles apparaissent rarement en surface et sont alors peu importantes et localisées aux environs des racines. Elles sont plutôt développées dans le deuxième sous-horizon ou à la base de l'horizon A ; elles sont de couleur rouille, jaune, grise, brune. Dans les profils à horizon A épais, elles sont absentes ou vagues en profondeur (vers 75 cm).

Le taux de matière organique est faible à très faible. Il n'y a pas de calcaire, ni de concrétions ferrugineuses.

La texture est *sableuse* (5-10 % d'argile) à sables grossiers. Il est rare d'observer d'autres minéraux primaires que le quartz. Il est très rare d'observer une augmentation du taux d'argile dans les sous-horizons A. Dans 10 profils, il existe un *sous-horizon de cailloutis* de quartz semi-roulés, plus ou moins rubéfiés ou jaunés, de 2 à 5 cm³, représentant 40 à 80 % de la masse du sous-horizon, situé à la base de l'horizon A ou au milieu de celui-ci (dans 2 profils).

La structure est *particulière* ; très rarement polyédrique fine à liaison faible entre les agrégats.

La porosité est abondante ; la macro-porosité importante.

La consistance à l'état sec est *meuble* (rarement peu dure) ; à l'état humide, meuble, quelquefois friable ; à l'état trempé, *non collant, non plastique*.

La limite entre A et B est *brutale* et régulière ; distincte à graduelle entre les sous-horizons.

Horizon B

L'horizon B est essentiellement *caractérisé* par sa très *grande dureté* dans tous les profils à l'état sec (pendant la saison des pluies, il est souvent ramolli par l'eau).

Par contre, la structure en colonnettes n'est pas souvent nette ; et même lorsque cet horizon est morphologiquement analogue à un « natric horizon », il est très souvent non salé.

L'épaisseur de l'horizon B est généralement mal connue à cause de sa très grande compacité ; dans les profils observés en saison des pluies, il mesure 10 à 20 cm d'épaisseur et il provient de l'altération de l'horizon C gneissique.

La couleur à l'état sec est brune, 10 YR 4-5/2-4, quelquefois grise, 5 Y 4/3 dans les horizons à argile montmorillonitique ; à l'état humide, elle est peu différente, brune, 10 YR 3-5/2-4, quelquefois olive.

Dans 19 profils, cet horizon contient des taches de *pseudo-gley*, brunes à rouille plus ou moins nettes.

La matière organique peut être responsable de la couleur de cet horizon, plus foncée que dans l'horizon A. Il n'y a pas de calcaire, ni de concrétions ferrugineuses.

La texture est sableuse, sablo-argileuse (9,6, 11 profils) ; la discontinuité de texture entre A et B est très nette dans 6 profils à argile montmorillonitique. Il y a parfois quelques graviers et cailloutis de quartz.

La structure est *massive*. La structure en colonnettes est très nettement visible dans 4 profils seulement ; elle apparaît plus souvent dans les ravins d'érosion au bord des routes que dans les profils où l'horizon durci est plan. La partie supérieure de l'horizon est souvent blanchie avec des sables grossiers collés au sommet des calottes ou dans les rainures qu'il faut gratter pour faire apparaître les colonnettes.

La microporosité est lente à très lente et cet horizon est *imperméable*.

La consistance à l'état sec est *très dure* ; à l'état trempé, elle dépend de la texture : non collant, non plastique dans les horizons sableux ; peu collant, peu plastique dans les horizons sablo-argileux à argilo-sableux ; collant, plastique dans les horizons argilo-sableux à argileux.

Horizon C

Dans 4 profils, l'horizon C gneissique ou granitique a pu être observé au-dessous de l'horizon B, car celui-ci était ramolli par les pluies ; il est analogue à l'horizon C des sols peu évolués d'érosion. Dans deux profils, c'est un horizon B₃ à argile montmorillonitique, durci en saison sèche.

CARACTÈRES PHYSICO-CHIMIQUES

Granulométrie

L'horizon A est pauvre en argile (5 à 6 %) et en limons (1 à 3), riche en sables fins ou grossiers.

L'horizon B est sablo-argileux à argilo-sableux dans les profils analysés (20 à 35 % d'argile), pauvre en limons (1 à 6 %), riche en sables fins ou grossiers.

Matière organique

Le taux de matière organique est faible en surface, 0,3 à 0,8 % ; faible dans l'horizon B (0,3) avec un rapport C/N voisin de 10.

Bases échangeables

Dans l'horizon A, la somme des bases est proche de 2 mé/100 g avec peu de calcium (0,7 à 1,5) et sodium (0,2) ; le taux de saturation est de l'ordre de 60 %.

Dans l'horizon B, la somme des bases varie de 8 à 10, avec un taux de calcium de 2 à 4 de magnésium de 3 à 5, de sodium de 1 à 2 et un taux de saturation de 80 à 100.

pH

Le pH eau de l'horizon A est de l'ordre de 6 ; le pH KCl N est de 5.

Le pH eau de l'horizon B est compris entre 6 et 7, mais souvent de 6,5.

Le pH KCl N est compris entre 4 et 5, avec une différence de 1,2 à 2.

Conductivité - Na/T %

Dans l'horizon A, la conductivité est de l'ordre de 0,3 mmho. Le rapport Na/T % est inférieur à 5.

Dans l'horizon B, la conductivité est inférieure à 4, généralement de 0,3. Le rapport Na/T est généralement inférieur à 15.

Ces sols ne sont donc généralement ni salés, ni à alcali.

Voici quelques résultats dans les horizons B.

Numéros	D 3	I 3	I 13	J 7	J 18	J 41	J 50
Profondeur (cm)	30	25-35	30-50	100	60	50-60	30-50
Argile %	31	21	12	17	31	25	35
pH eau	6	6,5	6,4	6,2	7	5	5,8
Na échangeable (mé/100 g)	1,3	2	1	0,4	0,7	1	1,6
Conductivité (mmhos/cm)	0,4	3	1,4	0,2	0,2	0,3	0,3
Na/T %	10	20	14,2	5	10	12	15
sels solubles	Cl ⁻ mé/100 g		0,7	0,2			
	SO ₄ ⁻⁻		0,3	0,1			
	CO ₃ ⁻⁻		0,3	0,07			
	Ca ⁺⁺		0,15				
	Mg ⁺⁺		0,07				
	K ⁺						
	Na ⁺		1	0,3			

Conclusion

Après l'étude des profils, la définition de ces sols peut se ramener à la forme simple suivante : un horizon A *sableux, bien tranché* sur un horizon B *très compact* en saison sèche.

Ils sont développés sur deux matériaux superposés. L'horizon A est un horizon « d'apport et résiduel », remanié par érosion et brassage, analogue à celui de certains intergrades vertisols à ferrugineux fersiallitiques, de sols peu évolués d'érosion à profil A II B₃C ou aux sols peu évolués d'apport sur matériau sableux ; aussi, nous ne pensons pas qu'il soit le résultat de la solodisation.

L'horizon B est généralement assez proche de la surface, mais peut débiter parfois à 1 m ou 1,30 m de profondeur. Il est *très compact* (très dur), mais la structure en colonnettes est rarement bien développée. D'après les profils analysés, s'il y a un peu de sodium sur le complexe, les taux sont généralement insuffisants pour atteindre les limites de sols salés ou à alcali. La discontinuité entre l'horizon A et l'horizon B suggère que l'argile de ce dernier provient de l'altération de l'horizon C plutôt que d'un lessivage de l'horizon A. Il en est de même pour le sodium que nous estimons migrer de bas en haut jusqu'à la rupture de continuité, plutôt que dans l'autre sens ; ce mécanisme est favorisé par les textures du profil et les conditions climatiques. La source de sodium est en profondeur, car on observe aussi dans d'autres types de sols, et en particulier dans les intergrades vertisols ferrugineux fersiallitiques des taux assez élevés dans les horizons B et C.

Ces sols ont souvent des taches de pseudo-gley dans le profil ; c'est donc un indice d'intergrade vers les sols hydromorphes.

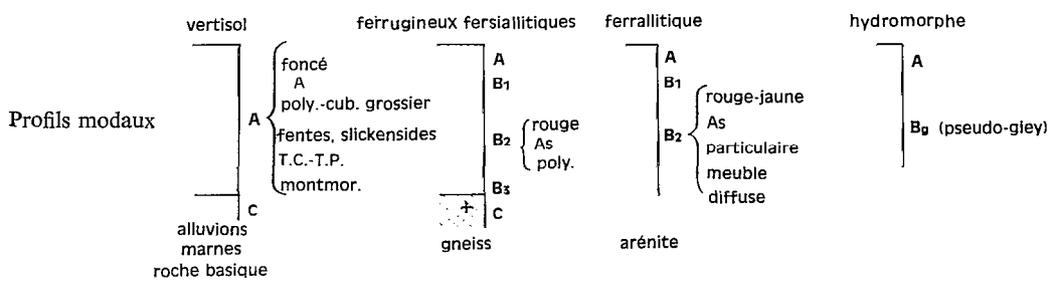
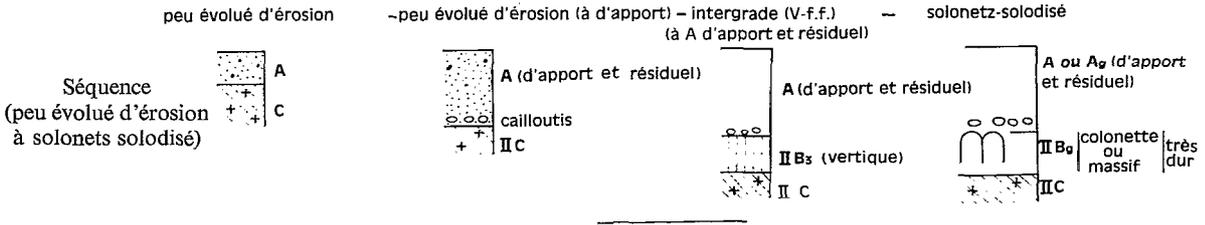
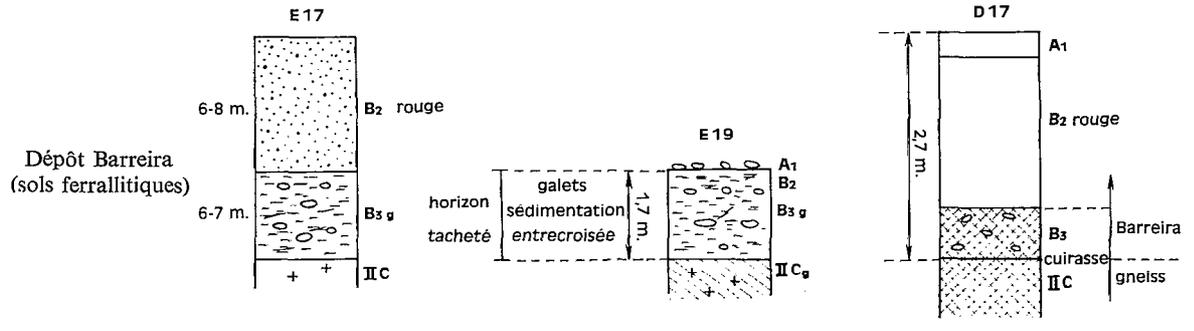


FIG. 8 — Profils pédologiques.

SOLS HYDROMORPHES

Les sols hydromorphes ne représentent pas une extension cartographiable ; ce sont plutôt des cas particuliers qui peuvent apparaître dans des groupes divers.

On les observe dans les alluvions (U 3, U 6, U 26, V 15), dans des colluvions, en bas de pente (I 87) ; sur les grès inférieurs (U 20) ou supérieurs (U 23) de la série Araripe ; sur des colluvions d'arénite meuble (séries Moura, Açu, Barreira) en bas de pente, au voisinage des alluvions (O 16, O 20, J 29, J 46, J 49, D 1, D 8) ; sur des colluvions d'arénite meuble en position haute, lorsque le socle cristallin est à faible profondeur (surface de contact, paléoglacis) (J 3, J 15, J 21, I 7) ou en position haute sur le socle cristallin (I 93, I 96).

Ils résultent de mauvaises conditions de drainage interne, favorisées par un niveau imperméable (série Santana, socle cristallin) maintenant une nappe ou une micro-nappe perchée, par une nappe proche (colluvions) ou une nappe alluviale (alluvions).

Ce sont des sols hydromorphes *minéraux très peu humifères*, car le profil U 3 relativement très humifère, noir, ne contient pas plus de 2 % de matière organique.

C'est un profil à *gley de profondeur*, situé dans les alluvions, caractérisé par une couleur grise avec quelques taches rouille à partir de 40 cm et gris bleuté à partir de 120 cm, dans la nappe phréatique. Mais les autres profils sont des sols à *pseudo-gley de profondeur*, caractérisés par des taches rouille, jaunes, rouges, brunes, tantôt bien développées, tantôt assez vagues. Mais on n'observe pas de concrétions ferrugineuses.

Dans les alluvions, la texture est argilo-sableuse à argileuse, avec une structure polyédrique ; ou sableuse avec une structure particulière ; parfois la texture est hétérogène, sableuse et argileuse, correspondant à différentes strates d'alluvionnement. Dans les matériaux gréseux de la série Araripe et dans les arénites meubles en bas de pente, la texture est très généralement argilo-sableuse avec une structure polyédrique. Par contre, la texture est sableuse et la structure particulière sur les colluvions résiduelles en position haute sur le socle cristallin.

Ces sols sont pauvres en matière organique (1 %). La somme des bases est comprise entre 2 et 10 mé/100 g et le pH eau entre 5,5 et 7.

CARTOGRAPHIE ET AGROLOGIE

LÉGENDE

La carte à 1/250 000, présentée avec l'étude pédologique, est basée sur l'interprétation des photographies aériennes contrôlée par les observations au sol. C'est une *carte des paysages*, car elle réalise une synthèse entre les éléments pédologiques (types de sol), les facteurs d'environnement (roche mère, modelé) et les caractéristiques agrologiques. Elle s'inspire de certaines cartes à grande échelle (Marie Galante) et permet de se passer d'une carte annexe d'utilisation des sols.

La légende est donc construite de la manière suivante : de gauche à droite, les roches mères, les modelés, les sols avec les types dominants et les types secondaires, les caractéristiques agrologiques des terres, leur utilisation actuelle et leur possibilité d'amélioration ; de haut en bas, les unités cartographiques organisées d'une certaine manière et dont les noms sont ceux du facteur composant caractéristique de l'unité. Elles se répartissent en deux catégories.

La première correspond à des terres utilisées surtout par l'agriculture, elle comprend trois unités qui se différencient en fonction d'un gradient de granulométrie : terres lourdes, sols ferrallitiques (terres légères), sols ferrugineux fersiallitiques (terres « moyennes »).

La deuxième correspond à des terres utilisées surtout par l'élevage ou laissées à la végétation naturelle ; elle comprend quatre unités qui se différencient en fonction d'un gradient d'érosion ; intergrades vertisols ferrugineux fersiallitiques et peu évolués d'érosion, sols érodés, surfaces « d'atterrissement » et sols bruts.

Les unités se subdivisent en sous-unités.

UNITÉ DES TERRES LOURDES

Cette unité est basée sur un critère de texture à dominance argilo-sableuse à argileuse ; elle comprend trois sous-unités :

- 1.1. — *Les alluvions*, basées sur le critère morphologique de leur position relative basse. Elles sont donc dominées par les problèmes de l'eau et de leurs conséquences : inondation temporaire, irrigation possible, hydromorphie, salure. Elles se différencient en :
 - 1.1.1. — *Alluvions salées*, à l'aval d'une limite théorique passant par le barrage d'Itaïçaba ;
 - 1.1.2. — *Alluvions non salées*, à l'amont.
- 1.2. — *Les vertisols* (et intergrades vert.-ferrug. fersial.) basés sur un critère pédologique, de sols argileux à argile expansive. Ils se différencient en fonction de la roche mère,
 - 1.2.1. — sur *roches sédimentaires* (argilites, marnes, calco-gréseux) ;
 - 1.2.2. — sur *roches basiques* (amphibolites, diorites, gabbros).
- 1.3. — *La « chapada » de Apodi*, basée sur des critères pédologiques de texture et structure : texture assez lourde et structure relativement fine des sols ferrallitiques à concrétions sur calcaire et texture lourde, structure grossière des vertisols sur calcaires.

SOUS-UNITÉ : ALLUVIONS

Individualisation - Répartition - Facteurs d'environnement

L'individualisation de cette sous-unité présente un certain nombre d'avantages : elle est facile à différencier de l'environnement par la vision stéréoscopique, représente une proportion convenable de la surface totale, est mentionnée par les géographes, géologues, géomorphologues, agronomes et, du point de vue de l'utilisation elle est fondamentale pour les spécialistes de l'irrigation.

Les alluvions représentent environ 8 % de la surface totale. Elles sont relativement importantes dans le bas Jaguaribe (atteignant parfois 12 km de largeur) jusqu'à l'amont de Limoeiro dans le Jaguaribe et le Banabuiu, dans la région d'Iguatu et d'Ico (2,5 km de largeur) et dans le Cariri (2 km) ; elles sont assez importantes autour de Quixada, dans le rio Palhano, vers Icozinho, Umari, dans le rio Juca, la vallée Dos Bastioes (vers Tarafas) et entre Cedro, Varzea Alegre et Lavras de Mangabeira.

Le modelé est de type 1 A et la roche mère un matériau d'apport dont la texture se confond avec celle des sols.

Les types de sols

Ce sont des sols peu évolués d'apport sur matériau sableux, argilo-limoneux ou limono-argileux, des *vertisols hydromorphes*, des sols hydromorphes, des sols halomorphes (*salins*) dominants à l'aval d'Itaïcaba et par taches rares à l'amont.

Caractères agrologiques des sols

DRAINAGE

Les drainages internes et externes sont lents. Certaines surfaces sont inondées temporairement pendant les crues d'hivernage ; l'inondation est permanente dans quelques mares d'Iguatu et du bas Jaguaribe. En profondeur, la nappe est relativement proche de la surface et fluctue dans le profil ; il en résulte des phénomènes d'hydromorphie qui se manifestent par des taches d'oxydo-réduction en profondeur.

SALINITÉ

Elle résulte des mauvaises conditions de drainage dans certaines conditions de l'environnement : proximité de la nappe marine, apport de sels d'un barrage saumâtre, de marnes gypseuses, etc. accentuées par le régime climatique à saison sèche marquée.

TEXTURE

La texture est généralement sableuse à l'amont des vallées (Mauriti, Milagres) et argileuse à l'aval ; elle est généralement argileuse dans les bassins d'effondrement (Iguatu, Ico) et assez riche en limons dans les vallées moyennes.

Dans le bas-Jaguaribe, on remarque un gradient granulométrique, fonction de la position dans le profil en travers : alluvions légères (sableuses, limoneuses, limono-argileuses) sur les bourrelets de berge et argileuses dans les dépressions et les cuvettes.

Dans les profils pédologiques, il est très courant d'observer des strates de granulométries différentes correspondant aux variations dans la sédimentation (E 1, E 36, E 39, U 3, V 10).

Parfois, la roche mère est une marne ou une argilite en position basse (V 7).

STRUCTURE

Les vertisols et les paravertisols hydromorphes sont des sols chimiquement riches ; mais par suite de leur teneur élevée en argile (montmorillonite), ils ont souvent une mauvaise structure ; elle est très rarement grumeleuse en surface ; par contre, la surface est souvent unie et très dure à travailler à l'état sec ; en période humide, la terre adhère aux outils ; l'expérimentation d'irrigation (Russas) est difficile à réaliser en saison sèche par suite du réseau de fentes qui absorbent beaucoup d'eau et faussent les calculs.

Utilisation des sols

Les alluvions contrastent avec les autres surfaces par le fait que les cultures occupent généralement toute la surface (à l'exclusion de la végétation arbustive) et de façon permanente, sans *jachère arbustive*. Le bétail pâit souvent en semi-extensif dans les champs après les récoltes. Dans le bas Jaguaribe, il y a quelques plages nues ou avec couverture graminéenne rase correspondant à des sols salés (1.1.1.), à des vertisols à mauvaise structure (surface unie) ou à des cuvettes soumises à une inondation prolongée.

Dans les vallées moyennes, les cultures de base sont : coton « moco », maïs, haricot, comme dans l'ensemble du bassin ; le coton herbacé a été observé sur les bourrelets de berge des bras du fleuve dans le bas Jaguaribe.

En général, ces cultures alternent avec du riz en position basse, argileuse et des fruitiers (bananier, oranger, citronnier, manguiers, papayer, cocotier) dans la fraîcheur des terres, à l'aval des petits barrages (1).

A l'état naturel, au bord des rivières, survivent des « Oiticicas » ; dans le Cariri, on remarque plus particulièrement le « Babaçu », tandis que le bas Jaguaribe est le royaume du « Carnauba ».

Dans cette région, les lits mineurs des bras sont occupés l'été, par suite de la fraîcheur des sables et de la présence très proche de la nappe par des cultures dérobées de vigna sinensis, oignons, patates douces, etc., et les vertisols hydromorphes, par du sorgho à la décruée. Dans le Cariri près de Crato, il y a une grande zone de cultures de canne à sucre.

L'irrigation actuelle des terres est très faible en dehors des surfaces appartenant à des organismes d'Etat (Quixada, Ico, Iguatu, Cariri, etc.). Des surfaces restreintes, à l'aval des barrages, bénéficient d'une irrigation interne grâce aux infiltrations, ce qui explique la présence de nombreux fruitiers : dans le bas Jaguaribe, il y a beaucoup d'éoliennes qui puisent l'eau dans la nappe pour alimenter les hommes et le bétail et arroser des petites parcelles familiales.

Les sols ne bénéficient pas de fumure animale, organique ou minérale, ce qui est un phénomène très généralement observé par ailleurs. La mécanisation est très faible, mais l'on a enregistré quelques achats de tracteurs à Morada Nova.

Le bas Jaguaribe, Iguatu, Crato-Juazeiro-Barbalha sont les trois zones où la concentration humaine est la plus forte, qui marquent une certaine avance dans le développement et qui bénéficient d'un début d'industrialisation régionale.

(1) Citons la Fazenda Téotonia, près de Madalena (région de Boa Viagem), réputée pour ses belles plantations, de cocotiers et d'orangers ; également grande unité de production, collecte et égrenage de coton.

Améliorations

Les terres salées de la sous-unité 1.1.1 pourront être traitées en polders. Il est bon d'introduire ou d'étendre l'irrigation-drainage ; augmenter la mécanisation ; améliorer la structure des terres lourdes ; éviter la culture du coton moco au profit de cultures plus chères ; étendre le riz sur les terres lourdes ; introduire les plantes fourragères et la fumure.

SOUS-UNITÉ : VERTISOLS (INTERGRADES VERT.-FERRUG. FERSIAL)

Individualisation - Photo-interprétation

Cette sous-unité se différencie des alluvions par la position géomorphologique ; mais elle s'en rapproche par le fait que ses sols dominants, les vertisols lithomorphes, sont analogues aux vertisols hydromorphes des alluvions.

Elle est assez difficilement identifiable sur photo aérienne, car sur les marnes, elle correspond à un modelé très peu marqué (entre 1 A et 2 A) ; on peut la reconnaître parfois par la couleur gris clair, lorsque la végétation arbustive est rare, mais elle peut se confondre avec les cultures et ne pas être décelable sous végétation arbustive dense.

Facteurs d'environnements et sols

D'une manière générale, les sols dominants sont les *vertisols lithomorphes*.

Sur la feuille de Triunfo et dans la région d'Iguatu, cette sous-unité correspond à des vertisols lithomorphes sur argilite (lentilles dans les grès inférieurs), parfois à des marnes très peu calcaires, sur un modelé compris entre 1 A et 2 A au voisinage des alluvions.

Autour de Santana du Cariri, elle correspond à des vertisols lithomorphes sur marnes de la série Santana, sur modelé « éboulis », dont la pente est parfois assez forte avec des microfalaises, représentées par des bancs de calcaires durs.

Dans le bas Jaguaribe, cette sous-unité est cartographiée sur la rive droite du fleuve. Le modelé est celui d'« éboulis », à faible pente (entre 1 A et 2 A) au voisinage des alluvions. La roche mère est hétérogène et varie du calcaire dur à calco-gréseux, en passant par argilite à marnes, avec des résidus sableux d'érosion. Aussi les sols sont-ils assez hétérogènes : on y observe des vertisols lithomorphes sur calcaires, marnes et argilites qui tendent vers des sols peu évolués d'érosion, rouge-chocolat, à profil C, sur les pentes marneuses proches de la falaise de la « chapada » de Apodi, ou blanc sur calcaire pulvérulent ; des intergrades vertisols-ferrugineux fersialitiques quand le matériau n'est pas assez argileux et le drainage trop rapide ; des sols hydromorphes en bas de pente ou peu évolués d'apport sur les résidus sableux.

Dans le reste du bassin, la sous-unité est généralement dominée par les vertisols lithomorphes (parfois des intergrades vert.-ferrug. fersial.) sur roche basique, amphibolite au nord-est de Boa Viagem, diorite entre Senador Pompeu et Quixeramobim, cipolin vers Quixada, gabbro ou passées basiques dans les gneiss. Le modelé est généralement une variante 2 B de pénéplaine peu ondulée, mais souvent en position haute du modelé (ex. profil C38).

Utilisation des sols - Améliorations

Ces surfaces sont généralement peu couvertes par la végétation arbustive. On y observe souvent un arbuste dominant, *Jatropha curcas* (pinhaõ).

Les vertisols sont souvent cultivés en coton, maïs, haricot, dans les marnes de la région de Santana do Cariri, sur la feuille de Triunfo et vers Iguatu. Dans le bas Jaguaribe et sur les roches basiques, le sol est souvent laissé à la végétation naturelle.

Ces sols peuvent être utilisés comme les vertisols hydromorphes, mais ils sont plus difficilement irrigables à cause de leur situation topographique. A cause d'une certaine sensibilité à l'érosion, on peut préconiser dans certains cas une amélioration de la couverture arbustive.

SOUS-UNITÉ : « CHAPADA » DE APODI

Individualisation

Cette sous-unité, malgré certaines analogies avec l'unité des sols ferrallitiques, s'en différencie essentiellement par la nature des sols qui ont agrologiquement l'aspect de terres lourdes, plutôt que de terres légères.

Les sols

Les sols dominants sont des sols *ferrallitiques à concrétions ferrugineuses* sur calcaire avec parfois des vertisols lithomorphes et des sols bruts d'érosion.

Caractères agrologiques - Améliorations

Les sols ferrallitiques à concrétions sur calcaire sont des sols assez argileux, mais pas aussi lourds que les vertisols, probablement par suite de la nature différente de l'argile. Si certains profils sont parfois assez tassés, la structure est plutôt polyédrique fine à grumeleuse. Ces sols sont donc plus faciles à travailler moins compacts et moins collants que les vertisols ; ils sont chimiquement moins riches.

Ils sont généralement couverts par une « caatinga » dense, assez haute (5 m), composée de *Marmeleiro*, *Mofumbo* (*Combretum*), *Sabia*, *Catingueira*, *Pereiro*, *Jurema preto*, *Velame* et de cactées (*Macambira*, *Mandacaru*). Les champs de cultures sont peu nombreux, mais les rendements en coton seraient assez élevés (1 500 kg/ha). A part quelques « fazendas », la population est plutôt concentrée dans les villes du bas Jaguaribe.

Ces terres sont difficilement irrigables par suite de leur situation topographique et de la profondeur de la nappe (30 m), malgré la présence de quelques éoliennes. Il est donc souhaitable de procéder plutôt à l'amélioration des cultures en sec (coton), des façons, fumure et mécanisation.

UNITÉ DES SOLS FERRALLITIQUES

Organisation cartographique

Cette unité est centrée sur trois critères : roche mère de type *arénite* ; sol de type *ferrallitique* dominant ; texture agrologique de type *sableux* (terres légères). Elle comprend les sous-unités suivantes :

2.1. — Typique à sols ferrallitiques modaux, subdivisée géographiquement en :

2.1.1. — sur le plateau d'Araripe et grès supérieurs

2.1.2. — sur le modelé 2 A : grès inférieurs Araripe, séries Moura, Açú, Barreira et plateaux gréseux, vestiges, au sommet de montagnes.

- 2.2. — qui se différencie de la précédente par la présence de concrétions ferrugineuses et de cuirasses en profondeur des sols ferrallitiques, sur un modelé 1B à 2A, souvent sous forme de petits plateaux résiduels gréseux vers Altaneira et Campos Sales.
- 2.3. — Serra Grande, caractérisée par la nature plus siliceuse ou conglomératique de la roche mère gréseuse dévonienne ; sur un modelé 1B, avec des sols ferrallitiques modaux et parfois des sols peu évolués sableux.
- 2.4. — Sud Banabuiu. Cette sous-unité correspond à une formation sablo-siliceuse, non consolidée, peu épaisse, reposant sur les gneiss, à modelé 2A et à sols peu évolués d'apport (lessivés).
- 2.5. — Détritique mixte. Cette sous-unité, qui représente une association (principalement de roches mères), se subdivise en :
- 2.5.1. — Détritique et dunes fixées : association de roches mères Barreira et de dunes vieilles, à modelé 2A, sols ferrallitiques modaux, dégradés (avec lignes d'accumulation), peu évolués d'apport sur la rive droite du Jaguaribe à l'aval de Jaguaruana.
- 2.5.2. — Détritique et « surface de contact » : association de roches mères Barreira et d'affleurements de gneiss, à modelé 2A (avec présence de nombreuses mares), sols ferrallitiques modaux dégradés, sols peu évolués d'apport, sols ferrallitiques à pseudo-gley de profondeur, sols peu évolués d'érosion à d'apport (A IIBC), vertisols, solonetz solodisés, sols hydromorphes, sur la rive gauche du Banabuiu, du pont de Peixe Gordo à Quixada.
- 2.6. — « Eboulis ». Cette sous-unité se différencie par le modelé qui n'est plus 2A, mais une surface de raccordement avec parfois une pente assez marquée. Elle se subdivise en :
- 2.6.1. — Centre et est Araripe : caractérisée par l'absence de concrétions ferrugineuses et de cuirasses, des roches mères gréseuses avec, par places, apparition de la série Santana, des sols ferrallitiques, ferrallitiques à pseudo-gley de profondeur, peu évolués d'apport et par places des vertisols lithomorphes.
- 2.6.2. — Ouest Araripe : caractérisée par la présence parfois de concrétions ferrugineuses et de cuirasses dans les profils ferrallitiques, une roche mère gréseuse et un modelé « éboulis » moins développé que dans l'Est.
- 2.6.3. — Serra Grande. Analogue au précédent, mais sur roche mère plus siliceuse et sans concrétions ferrugineuses dans les sols ferrallitiques.

Caractères agrolologiques des sols

Les sols ferrallitiques sont des sols profonds, à texture pseudo-sableuse par suite de la présence de pseudo-sables ; c'est-à-dire que, malgré une teneur parfois assez élevée en argile, révélée par l'analyse granulométrique, ils se comportent « in situ » comme des sols sableux ; il en résulte une structure particulière qui les rend très faciles à travailler ; mais ils sont chimiquement pauvres et un peu acides. La comparaison entre le profil U 18, sous forêt classée dense et haute, riche en matière organique et les profils voisins U 22, U 57 sous cultures ou « caatinga » dégradée montre que le taux de matière organique décroît vite après défrichement.

Dans l'ouest du bassin, les sols sont souvent assez sableux et lessivés.

Dans le bas Jaguaribe, sur série Barreira, l'épaisseur des sols est souvent moins grande que sur les formations gréseuses au sud du bassin. Les sols se dégradent en bas de pente vers un stade sablo-siliceux vrai, par perte des revêtements argileux ; d'abord en surface puis dans le profil ; on passe à des sols « lessivés » totalement siliceux comme sur les surfaces au sud de Banabuiu ; ces sols ont une structure plus nettement particulière ; ils sont chimiquement très pauvres et plus acides.

Le drainage interne est rapide à très rapide, mais finalement la presque totalité de l'eau tombée est rejetée par évapotranspiration ; en effet, l'on calcule que 1 % seulement de l'eau tombée sur la « chapada » de Araripe réapparaît dans les sources au pied de la falaise, au contact de la série Santana.

C'est ainsi que les sols des « éboulis » sont très frais, même pendant la saison sèche.

Dans le bas Jaguaribe, la comparaison entre la végétation arbustive et peu dense sur les sols squelettiques du socle cristallin et dense sur les sols ferrallitiques de la série Barreira montre que ces derniers ont une plus grande capacité d'emmagasinement d'eau qui profite à la végétation.

Dans cette région, les cultures sont souvent localisées sur les limites des nappes sableuses, plutôt qu'à l'intérieur, car l'épaisseur des sables (en calotte) au-dessus du socle cristallin imperméable est faible, de sorte que l'eau des pluies stockée dans le sable est à la disposition des racines des plantes ; et l'on peut noter vers Morada Nova un contraste frappant entre des cultures bien vertes sur des sables blancs qui paraissent secs et peu fertiles.

Utilisation des sols

La végétation naturelle est généralement plus forte que sur les sols sur gneiss. C'est une « caatinga » dense de 4 à 5 m de haut sur la chapada de Araripe, plus vigoureuse au sud qu'au nord et à l'est qu'à l'ouest ; à l'est, sur le plateau et sur les pentes des « éboulis » non cultivées, c'est une forêt haute, dense ou « mata », à l'ouest, une « caatinga » assez basse. Dans la sous-unité 2.4. et sur les bas de pente, rive gauche Jaguaruana-Limoeiro, la végétation est hétérogène (végétation en bouquet).

Les sols sont parfois cultivés, mais d'une façon extensive avec jachère arbustive longue pour contrecarrer la pauvreté des sols et ils sont soumis au pâturage extensif, sur la « chapada » de Araripe, sur les grès inférieurs, par places sur la série Barreira et Açú et autour de Morada Nova. Ils sont délaissés par l'agriculture, dans la sous-unité 2.4., et les bas de pente Jaguaruana-Limoeiro. A l'est d'Araripe, au pied de la falaise, on observe une ceinture abondamment cultivée, par suite de la fraîcheur des sols et du micro-climat, avec de nombreuses parcelles de petites dimensions.

Il n'y a pas d'irrigation, sauf quelques parcelles avec les eaux des sources de la « chapada » de Araripe ; pas de mécanisation (quelques tracteurs à Morada Nova), pas de fumure, ni conservation des sols.

Les cultures sont généralement celles des terres légères, c'est-à-dire manioc, arachide, ananas, sisal, patate douce ; mais on observe aussi les classiques coton, maïs, haricot. Sur la « chapada » de Araripe, dans l'Est, il y a surtout manioc et ananas, dans l'Ouest, manioc ; l'arachide est peu cultivée, parfois le sisal. Sur le petit parcellaire humide des « éboulis », l'agriculture est diversifiée ; on y trouve même de la canne à sucre (surtout vers Jardim) et des plants de café, sans compter maïs, coton, haricot, manioc, ricin et fruitiers. Dans le bas Jaguaribe, sur les pentes d'Aracati, de Jaguaruana, etc., on trouve de nombreux « cajueiros » naturels (exploités dans la fazenda Guarany, sur la route Russas-Fortaleza) ainsi que des plantations récentes de « Carnauba ».

Améliorations

L'amélioration de ces sols doit porter sur l'introduction de la fumure, ce qui permettrait de raccourcir la jachère arbustive. Mais compte tenu d'une certaine « inertie » des pseudo-sables à fixer les éléments fertilisants et pour éviter un excès de lessivage par les eaux de pluie, il semble qu'une fumure organique ou une fumure organico-minérale serait plus appropriée qu'une fumure minérale pure.

La défense contre l'érosion est moins urgente que sur les autres surfaces car les érosions par l'eau et le vent sont faibles.

L'amélioration peut porter aussi sur les rotations culturales, la mécanisation, l'amélioration du pâturage.

Mais, parfois, il sera préférable d'assurer une simple conservation des sols ; par exemple, les sols en pente avec cuirasses de la sous-unité 2.6.2. seraient mieux sous protection forestière. Certains sols très pauvres (2.4.) supporteront difficilement autre chose que la friche ou le parcours extensif.

UNITÉ DES SOLS FERRUGINEUX FERSIALLITIQUES

Organisation cartographique

Cette unité est centrée sur un critère de type de sol, *ferrugineux fersiallitique* dominant, sur roche mère *gneissique*. Elle est très largement représentée sur le bassin et en particulier au centre, sur les feuilles Quixeramobim, Iguatu, Oros et par places sur Crato, Triunfo, Ipu-Quixada, Jaguaribe, Baturité, Arneiroz et Crateus. Le modelé général est un modelé en position « d'attaque » avec les types 3 A à 4, et parfois 2 B variante. Elle se subdivise en :

- 3.1. — Où les sols sont *épais* (avec tendance parfois à des sols ferrallitiques) en position haute au sommet de montagnes à Caririaçu, Potengi, Altaneira, Araticunga, Flamengo, Catarina, Pedra Branca, Monsenhor Tabosa, Pereiro ; en position haute de pénéplaine vers Cariús, Acopiara, Mombaça, Carnaubinha et au pied de montagnes à l'ouest de Acopiara vers Ibicua, etc.
- 3.2. — Où les sols (sur gneiss ou ectinites) sont tronqués par l'érosion (sols rouges à profils B₂C ou B₃C) dans des régions montagneuses et de collines à l'intérieur du polygone Farias Brito, Varzea, Ico, Aurora, Caririaçu.
- 3.3. — Où les sols sont d'une épaisseur *moyenne* avec :
 - 3.3.1. — Indifférenciée à sols ferrugineux fersiallitiques dominants et intergrades vertisols-ferrugineux fersiallitiques et peu évolués d'érosion en bas de pente.
 - 3.3.2. — Indifférenciée avec affleurements de roches (souvent de granites) dans la région de Mel (feuille d'Iguatu, vers Carnaubinha, Milha (Quixeramobim) et sur les feuilles d'Arneiroz et Crateus.
 - 3.3.3. — En position géomorphologique de collines ou montagnes situées dans un environnement de pénéplaine et où les sols ferrugineux fersiallitiques dominants sont accompagnés (à cause du relief) d'intergrades vert.-ferrug. fersial. et de sols peu évolués et bruts d'érosion ; sur les feuilles de Triunfo et Crato (montagnes de Juazeiro, Jua), sur les feuilles Oros-Jaguaribe (montagnes du Pereiro, Oros-Banabuiu), vers Quixada Ibicuitinga et sur la feuille de Crateus.

Caractères agrolologiques des sols

Les sols ferrugineux fersiallitiques sont des sols rouges qui se définissent bien par leur position moyenne entre les sols ferrallitiques et les vertisols. Ils sont situés sur un modelé compris entre un modelé en position haute « chapada » et un modelé en position basse (alluvions).

Ils sont généralement d'une profondeur moyenne entre les sols ferrallitiques, souvent plus profonds que 4 m et les vertisols généralement de moins de 1 m. La texture est argilo-sableuse, d'apparence plus argileuse que les sols ferrallitiques sableux ou à pseudo-sables et moins que les vertisols, argileux, à argile gonflante. La structure est polyédrique moyenne, comprise entre la structure particulière des sols ferrallitiques et la structure polyédrico-cubique grossière des vertisols. Ils sont compris entre des sols très faciles à travailler et des sols compacts en saison sèche et collants en saison des pluies. Entre des sols pauvres en bases et des sols riches en bases. Entre des sols faiblement acides et des sols faiblement basiques. Entre des sols à kaolinite bien cristallisée et des sols à montmorillonite.

Utilisation des sols

Ces sols sont abondamment cultivés. Les cultures alternent avec la végétation naturelle, qui est une « caatinga » assez dense et le pâturage extensif.

Les cultures classiques sont le coton moco avec maïs et haricots associés.

Dans la région de Caririaçu et dans le Pereiro, la culture est très abondante avec petit parcellaire et polyculture, par suite du climat plus humide et des sols plus profonds ; on y voit en plus des cultures classiques, sisal, manioc, arachide et fruitiers. Dans les régions montagneuses (3.3.3.), les cultures sont peu nombreuses et la végétation naturelle, dominante.

Il n'y a ni fumure, ni irrigation. La conservation des sols n'est pas satisfaisante, surtout sur les terres de pente ; car les lignes de cultures sont très souvent dans le sens de la plus grande pente, ce qui favorise les départs d'érosion. La dégradation des sols est particulièrement sensible dans la sous-unité 32. des sols tronqués.

Amélioration

Ces sols couvrent une surface importante et il serait bon d'y améliorer les rendements de coton, car il constitue la base des cultures industrielles du val du Jaguaribe. Les sols ne sont pas susceptibles d'être irrigués à cause du relief. Aussi l'on se tournera vers une amélioration des façons, fumure, variétés et vers la conservation des sols.

Il sera bon d'y améliorer également la couverture forestière et le pâturage.

Dans la sous-unité 3.2., à sols en voie d'érosion et où le relief est assez marqué, il est préférable de ne pas y envisager une exploitation agricole ; au contraire, compte tenu de la dégradation de ces surfaces par l'érosion, il sera nécessaire de prévoir la conservation par le *reboisement*.

Dans les montagnes et collines (3.3.3.), par suite de la forte pente et pour prévenir une destruction du manteau d'altération, il est conseillé de laisser la couverture forestière et d'éviter la culture.

UNITÉ DES INTERGRADES VERT.-FERRUG. FERSIAL. ET PEU ÉVOLUÉS D'ÉROSION

Individualisation - Photo-interprétation - Répartition - Facteurs d'environnement - Sols

Au point de vue cartographique, c'est une unité de *transition* entre l'unité des sols ferrugineux fersiallitiques et la sous-unité 51, des sols érodés sur gneiss.

L'interprétation photo est basée sur la forme du relief et sur la couleur, la forme du relief est celle du modelé 2 B *variante* des surfaces « d'aplanissement », pauvres en surfaces planes résiduelles (« paleo-glacis »), parfois des petites collines, où les sols sont plus épais que sur le modelé 2 B modal, car la végétation naturelle est plus dense ; ce qui se traduit par une couleur *gris à gris foncé*, par opposition à la teinte gris-clair des surfaces très érodées de la région de Jaguaribe.

On observe cette unité à l'ouest de la feuille de Jaguaribe, à l'est, au nord et à l'ouest de Quixeramobim, à l'ouest de Iguatu, au nord de Oros, sur Crateus et Arneiroz, et surtout sur Ipu-Quixada.

Les roches mères sont généralement des gneiss à passées basiques ou des roches basiques, dans des conditions plus ou moins bonnes de drainage.

Les sols sont des intergrades vertisols-ferrugineux fersiallitiques associés à des sols peu évolués d'érosion sur gneiss et parfois à des sols ferrugineux fersiallitiques peu épais.

Caractères agrologiques des intergrades vertisols-ferrugineux fersiallitiques

Ce sont des sols de 60 cm d'épaisseur environ. Leur horizon supérieur est souvent remanié ou sableux. Leur horizon inférieur a des caractères à tendance vertique. Il est de couleur brun, rouge ou olive. Il est argilo-sableux à argileux, finement divisé en saison sèche par un faible réseau de fentes délimitant une structure prismatique moyenne. Il est assez riche en bases avec un pH voisin de la neutralité.

Utilisation des sols - Amélioration

A la « fazenda » Téotonia (près de Madalena), les intergrades vert.-ferrug. fersial. sont cultivés en coton et portent des pâtures améliorées. Mais généralement, cette unité cartographique est peu cultivée. Dans la région de Boa Viagem, Madalena, Quixeramobim, on observe une couverture naturelle arbustive, ou « caatinga » moyennement dense. Ces surfaces sont soumises à un parcours extensif.

Il semble que cette unité devrait être utilisée de préférence d'une manière forestière et pastorale. L'amélioration du pâturage, souvent observée dans cette région, consiste en des champs de cactées fourragères (« palma gigante, redonda ») de la SUDENE en association avec les cultivateurs (1).

Il est possible aussi d'utiliser les petites surfaces d'alluvions et les retenues des barrages pour produire un fourrage (ensilé ou desséché) et fournir un complément d'alimentation au bétail en saison sèche.

UNITÉ DES SOLS ÉRODÉS

Cette unité est centrée sur un critère d'*érosion* dont l'action s'est manifestée sur la forme du relief et sur l'épaisseur des sols : formes aplanies et sols souvent squelettiques. Elle se subdivise en trois sous-unités différenciées d'après la nature de la roche mère.

- 5.1. — Socle cristallin.
- 5.2. — Arénites (conglomératiques à hétérogènes).
- 5.3. — Ectinites.

Cette différenciation s'accompagne d'une différenciation dans la situation géographique, le couvert végétal et l'utilisation des sols.

SOUS-UNITÉ : SOCLE CRISTALLIN

Individualisation - Photo-interprétation - Répartition - Facteurs d'environnement - Sols

Cette sous-unité est bien individualisée, facile à reconnaître sur photo et sur le terrain et correspond au *sertão* typique.

A l'interprétation photo, on la reconnaît au modelé 2 B modal, à la couleur gris à gris-blanc, ponctuée finement par les arbres peu denses de la « caatinga » et à l'absence de cultures.

(1) Cf. M. Miguel SKEFF à Quixeramobim.

Cette unité est particulièrement caractéristique sur la feuille de Jaguaribe où elle couvre la majeure partie de la surface. Elle s'étend sur la feuille d'Oros jusqu'à hauteur d'Ico et sur la feuille de Quixeramobim dans la partie est ; dans la partie ouest, il y a quelques taches à l'ouest de Boa Viagem, vers Cruzeta et Pedra Branca. On observe également quelques taches à l'ouest du bassin.

Les surfaces de cette sous-unité sont avancées dans leur planation, mais probablement à cause d'un abaissement du niveau de base, elles ont été reprises par un cycle d'érosion récent qui la rajeunit ; c'est ainsi qu'elles contrastent avec les formes planes, hautes des « surfaces de contact » et des « paleoglacis », vestiges d'un précédent cycle, qui se sont conservés en partie, grâce à la protection Barreira. Les pentes des rios sont assez raides, bien que les dénivelées ne soient pas très importantes (dizaine de mètres). L'écoulement est concentré, le drainage externe est maximum pendant la saison des pluies et l'accumulation d'eau souterraine nulle.

Les sols sont squelettiques avec un cailloutis de quartz et de roche résiduel en surface. Un horizon A d'apport et résiduel peu épais recouvre la roche gneissique où l'altération est très faible et moins rapide que l'érosion. Les sols sont des sols peu évolués d'érosion (à profil AC ou A II C), associés à des affleurements de roche peu altérée (profil C) ou non altérée (D) avec parfois, dans des zones un peu protégées, des plages peu importantes d'intergrades vert.-ferrug. fersial. ou des sols ferrugineux fersialitiques peu épais.

Utilisation des sols - Amélioration

Le pédoclimat est trop sec pour permettre les cultures.

C'est le sertão typique caractérisé par une végétation arbustive (« caatinga ») peu dense, homogène, rabougrie, peu haute et épineuse alternant avec une végétation graminéenne, pâturée par le bétail en parcours extensif. C'est donc la zone de l'élevage. Les cultures se localisent dans les alluvions seulement, très petites et assez sèches.

L'amélioration peut porter sur le pâturage, parcours extensif et compléments fourragers (ensilés) produits sur les alluvions irriguées par les eaux des petits barrages.

SOUS-UNITÉ : ARÉNITES

Individualisation - Répartition - Photo-interprétation - Facteurs d'environnement - Sols Cariri

Cette sous-unité s'individualise par contraste avec l'environnement.

Sur la feuille de Crato elle apparaît vers Nova Olinda et sur la feuille de Triunfo en auréole entre les grès inférieurs et les schistes.

Elle est caractérisée sur photo par un ponctué blanc fin (affleurements de roches et sables) sur un fond gris foncé (« caatinga » dense) et par le modelé, souvent à stratification horizontale, différent de celui des schistes et des grès ; mais à l'est de Mauriti, on pourrait la confondre avec des collines granitiques.

La roche est un grès conglomératique, dur, siliceux, avec des petits galets.

Le modelé est de type 2 A variante, parfois 3 A ou 4, en particulier dans la région Centre-Est de Triunfo, marqué parfois par des falaises vers Milagres, Mauriti, Brejo Santo.

Les sols sont des sols peu évolués d'érosion, des sols bruts sur les bancs rocheux et dans les poches ou les bas de pente où s'accumulent les sables, des sols peu évolués d'apport.

Bassins d'effondrement

Cette sous-unité apparaît également dans les bassins d'effondrement d'Iguatu, Ico, Icozinho, Umari Juca, Tarafas, Sitia.

On la repère sur photo par le faisceau de lignes parallèles, serrées, formé par la trace des plans des couches nombreuses et inclinées.

La roche mère est hétérogène, formée de bancs plus ou moins durs, alternant avec des passées marneuses et des niveaux de galets.

Le modelé est souvent très peu marqué et compris entre 1 A et 2 A.

Les sols sont des sols peu évolués d'érosion, parfois à profil C peu durci dans les coupes de routes, avec des plages de vertisols lithomorphes sur les passées marneuses.

Caractères agrologiques des sols peu évolués d'apport

Ces sols développés sur les colluvions de grès conglomératiques sont analogues à des sols très lessivés. Ils sont très sableux (sans pseudo-sables comme dans les sols ferrallitiques), très meubles, sans cohésion, très particuliers. Ils sont chimiquement très pauvres et acides. Ils sont souvent pauvres en matière organique qui se dégrade rapidement après la fin de la jachère arbustive. Ces sols se ressuent les plus vite après les pluies.

Utilisation des sols - Amélioration

Sur les feuilles de Crato et de Triunfo, la végétation est hétérogène : « caatinga » dense alternant avec des plages de sol nu ou de végétation graminéenne à herbacée. Sur les sables, on cultive les plantes qui préfèrent les terres légères : manioc, arachide, patate douce et haricot. Mais comme il n'y a pas de fumure, là non plus, on lutte contre l'épuisement par des jachères arbustives longues. Il est préférable de laisser ces sols sous couverture forestière.

Dans les bassins d'effondrement, les sols sont peu à pas cultivés, et la végétation est une « caatinga » peu dense à moyennement dense, avec des plages hétérogènes, alternant avec la végétation herbacée.

SOUS-UNITÉ : ECTINITES

Répartition - Facteurs d'environnement - Sols

Cette sous-unité correspond aux schistes d'Ingazeiras qui occupent une surface importante dans le Cariri sur les feuilles de Triunfo et de Crato, et par extension aux schistes et micaschistes vers Iguatu, Sa-boeiro, Senador Pompeu, Farias Brito.

Sur les schistes d'Ingazeiras, le modelé est de type 3 B typique, avec le réseau hydrographique hiérarchisé et très peu orienté. Le réseau est plus finement hiérarchisé sur les schistes-micaschistes, mais avec des directions nettes d'écoulement ; le modelé est celui de « bad lands », déprimé par rapport à l'environnement en relief.

Les sols sont des sols peu évolués d'érosion (type AC) avec, par places, des restes de sols ferrugineux fersiallitiques (profils tronqués B₂C ou B₃C).

Utilisation des sols - Amélioration

Dans les schistes de Ingazeiras, la végétation naturelle est une « *caatinga* » dense. Il y a toujours un parcours extensif. Malgré la précarité des sols, l'on observe en rotation avec la « *caatinga* » des cultures peu nombreuses de coton, maïs, haricot.

Ailleurs, dans le bassin, cette sous-unité est souvent érodée et le pédoclimat assez sec. Aussi, n'y a-t-il pas de cultures, mais seulement une végétation arbustive peu dense à moyennement dense.

Ces sols sont à maintenir sous couverture forestière.

UNITÉ DES SURFACES « D'ATTERDISSEMENT »

Individualisation

Le concept central de cette unité, observée au nord de la feuille de Jaguaribe et sur la feuille de Baturité, est centré sur un critère *morphogénétique*, de surfaces d'érosion à un certain stade d'évolution. Il correspond à des surfaces cristallines déjà bien aplanies par les cycles antérieurs, mais dont le rajeunissement récent a été entravé ou retardé par « l'atterdissement » Barreira qui a joué le rôle de manteau protecteur contre l'érosion (1).

Ces surfaces sont donc comprises entre celles de la sous-unité 2.1.2. du bas Jaguaribe (ou 4) et celles de la sous-unité 5.1. à modelé 2 B modal ; elles comprennent les « surfaces de contact » les « paléoglacis » et les surfaces en voie de rajeunissement (bas de pente, bassin versant du rio Palhano). Elles sont assez bien caractérisées par des sols développés sur des colluvions du matériau Barreira (peu évolué d'apport) ou dont l'horizon supérieur est d'apport et résiduel de ce matériau (profil A II C, A II B C, solonetz solodisés).

Par extension vers Quixada, Quixeramobim, Senador Pompeu et sur les feuilles d'Arneiroz-Crateus, cette sous-unité englobe d'autres surfaces cristallines d'aplanissement, relativement riches en sols à profils A II C, A II B C et en solonetz solodisés.

Différenciation cartographique

« SURFACE DE CONTACT »

Cette sous-unité est représentée sur les feuilles de Jaguaribe, Baturité, Aracati (et une tache au nord de Boa Viagem).

Elle est comprise entre les sous-unités 2.1.2. à modelé 2 A et sols ferrallitiques et 6.2.1. à surfaces dégradées par le rajeunissement.

(1) La séquence normale d'évolution morphogénétique sans atterdissement peut être suggérée ainsi : collines et montagnes à sols ferrugineux fersiallitiques — pénéplaines à sols ferrugineux fersiallitiques — pénéplaines à intergrades vert.-ferrug. fersial. — pénéplaines 2B modal à sols peu évolués d'érosion (AC) et sols bruts

Elle se présente sous un modelé 2 A variante, souvent en bordure de la série Barreira, en position haute sur « paléoglacis » cristallin recouvert de résidus de la série, sables blancs, nappes de galets, niveau inférieur tacheté, sols ferrallitiques à concrétions ferrugineuses résiduels concentrés d'érosion (nord de Baturité), avec des mares ; sur pente ou en bas de pente, avec recouvrement de sables blancs (entre Limoeiro et Jaguaruana).

L'interprétation photographique s'inspire donc surtout du modelé, par différence ; elle utilise les mares quand elles existent et plus difficilement la teinte qui est assez variable.

Les sols sont assez variés : on y trouve des sols peu évolués d'apport (sur les sables), des sols peu évolués d'érosion à d'apport (à horizon A d'apport et résiduel) des solonetz solodisés ; des sols ferrallitiques hydromorphes (à « plinthite »), des sols ferrallitiques à concrétions ferrugineuses ; des sols hydromorphes et des vertisols (au voisinage des mares) ; et parfois des sols ferrugineux fersiallitiques peu épais ou des intergrades vert.-ferrug. fersial.

Entre Peixe Gordo et Quixada, par suite du fin morcellement des surfaces cette sous-unité est cartographiée en association avec la sous-unité 2.1.2.

SURFACES DÉGRADÉES

On les observe sur les feuilles Jaguaribe, Aracati, Baturité, au nord-est de Quixeramobim et sur Arneiroz-Crateus.

Cette sous-unité est comprise entre la sous-unité 6.1. et l'unité 4. Elle correspond à des « surfaces de contact » évoluant vers des surfaces érodées (5.1.), mais où, à cause de l'état relativement moins avancé du rajeunissement, on observe des ensembles sur roche gneissique comprenant des « paléoglacis » résiduels, peu nombreux et assez bien déblayés de résidus détritiques épais et des « surfaces versantes » à modelé 2 B variante (bassin versant du rio Palhano).

La sous-unité 6.2.2. se différencie de 6.2.1. par la présence de nombreux affleurements de roches sur les feuilles Arneiroz et Crateus, sous forme de petits inselbergs granitiques dans un modelé 2 A variante entre Senador Pompeu et Quixeramobim.

Sur les « paléoglacis », les sols sont des sols peu évolués d'érosion à d'apport (A II C, A II B C) et des solonetz solodisés ; sur les surfaces versantes, ils alternent avec des sols ferrugineux fersiallitiques peu épais et des intergrades vert.-ferrug. fersial., avec des affleurements de roches ; entre Senador Pompeu et Quixeramobim, ce sont des solonetz solodisés (ou des sols peu évolués d'érosion à d'apport), des sols ferrugineux fersiallitiques et des sols bruts d'érosion (affleurements de granite).

SURFACE BASSE DE QUIXADA

C'est une surface à modelé compris entre 1 A et 2 A, correspondant à une pénélaine déprimée, parsemée d'inselbergs ; les alluvions sont assez larges et l'écoulement lent. La roche mère qui est une roche basique (diorite porphyroïde à amphibole) est la même dans la pénélaine que dans les affleurements d'inselbergs.

Les sols sont peu épais : ce sont des intergrades vert.-ferrug. fersial., des solonetz solodisés, des sols peu évolués d'érosion et des sols bruts d'érosion.

Caractères agrologiques : solonetz solodisés A II B C

Entre Senador Pompeu et Quixeramobim, ces sols sont caractéristiques ; on a généralement l'impression d'une pénélaine sableuse. Mais les sables sont très peu épais (40 cm environ) et ils recouvrent la

roche peu altérée ou un horizon peu épais très durci (analogue à un « natric horizon »). Les sables sont très pauvres, très « lessivés », pauvres en argile, en bases, en matière organique et un peu acides. Ils sont analogues aux sols peu évolués d'apport (plus épais) sur les sables. Ils sont peu fertiles. Mais ils se gorgent d'eau pendant la saison des pluies à cause du niveau inférieur qui joue le rôle d'un lit imperméable. L'amélioration du drainage interne par sous-solage sera donc peu possible, car on rencontrera vite la roche.

Utilisation des sols - Amélioration

Dans la sous-unité 6.2., entre Quixeramobim et Senador Pompeu, les solonetz solodisés ne sont pas cultivés. On observe quelques cultures de coton, maïs, haricot, sur les points hauts correspondant aux sols ferrugineux fersiallitiques.

C'est donc en général le domaine d'une « caatinga » peu dense à hétérogène avec des arbres en touffes et une végétation de prairie à herbe rase. Ce paysage est assez caractéristique et s'apparente à celui des surfaces vers le centre de la feuille de Jaguaribe, où s'étalent des nappes de sables blancs sur le « paléoglacis ». C'est une zone de *pâturage extensif* et il n'est pas conseillé d'y faire de l'agriculture. Il est préférable de choisir ces zones pour y faire des essais d'amélioration de pâturage (« fazenda » normal, près de Uruqué).

A la rencontre des 4 feuilles Ipu-Quixada, Quixeramobim, Baturité, Jaguaribe, sur les surfaces versantes, il y a une « caatinga » moyennement dense alternant avec un peu de cultures de coton, maïs, haricot.

Au nord de la feuille Baturité, les surfaces sont couvertes d'une « caatinga » dense. Il y a très peu de cultures sauf sur des plages de sols ferrallitiques, manioc, arachide et cultures classiques. Au sud, sur le bassin versant du rio Palhano, la végétation est moins dense avec des plages de graminées sur les solonetz solodisés et les sols érodés.

Dans la sous-unité mixte 2.5.2., les cultures sont abondantes sur les sols ferrallitiques : cultures légères de sols sableux associées au coton, maïs, haricot, alternant avec une caatinga dense. Mais sur la surface de contact, autour des mares, il n'y a pas de cultures et la végétation arbustive fait place à la végétation herbacée.

La sous-unité 6.1. sur la feuille de Jaguaribe, en bordure des surfaces Barreira, n'est pas cultivée : c'est une zone boisée, sombre, qui forme une auréole autour des parties sableuses plus claires et cultivées.

Les bas de pente de sables entre Limoeiro et Jaguaruana porte une végétation en bouquet sans cultures.

La sous-unité 6.3. est très peu cultivée, sauf au pied des inselbergs sur les arènes ; la végétation arbustive est peu dense à hétérogène avec des plages de végétation herbacée. C'est aussi une zone de pâturage extensif.

Cette unité est donc peu cultivée. Il est recommandé d'y faire du pâturage extensif, avec reboisement forestier.

UNITÉ DES SOLS BRUTS

Cette unité correspond aux *affleurements de roche* et à la *dune vive*.

Les affleurements de roche sont généralement des inselbergs, mais aussi des collines à sol très érodé avec apparition de la roche en surface. Le modelé est en relief par rapport à l'environnement. La roche mère est variable ; sur les feuilles de Triunfo-Crato-Oros, ce sont généralement des granites comme dans

le Pereiro de la feuille de Jaguaribe ; dans le bas Jaguaribe, des quartzites ; à Quixada, des diorites granitiques à amphibole ; sur la feuille de Quixeramobim, des granites porphyroïdes différenciés ou en association dans les sous-unités 6.2.2. et 3.3.2. La végétation est rare sur les parois des inselbergs ; elle s'accroche dans les creux et s'installe aux sommets. Dans de petites poches où se forme un peu de sol, on peut voir quelques cultures de coton, maïs, haricot, qui bénéficient de l'eau tombée plus haut et recueillie par la roche réservoir.

La dune vive est constituée de sables actuels qui sortent de la mer et progressent vers l'intérieur sous l'action des vents venant de l'Est. Elle forme une bande peu large, au moins entre Natal et Fortaleza, Elle obstrue l'embouchure du Jaguaribe, envahit les alluvions et grimpe à l'amont de la falaise Barreira. La retombée du sable en « avalanche » dans les alluvions est entendue souvent par les résidants. Cette progression est gênante, car les sables tendent à envahir les salines à l'aval d'Aracati. Il est donc nécessaire de procéder à la fixation des sables, d'abord par des graminées et des petits arbustes, puis par des arbres comme sur le littoral landais.

CONCLUSION

Les principales observations et hypothèses caractéristiques concernant le val du Jaguaribe sont les suivantes :

Le *climat* est de type tropical sec avec saison sèche marquée, températures relativement basses par rapport à la pluviométrie (en comparaison avec l'Afrique), pluviométrie de 500 à 1 100 mm par an ; grande irrégularité interannuelle, diminution très rapide en fonction de l'éloignement des côtes de l'Atlantique. L'écoulement des rivières est temporaire et les réserves d'eau souterraines sont très faibles (1).

Les *roches mères* sédimentaires sont relativement peu importantes (20 %) et constituées principalement d'arénites d'âge dévonien, crétacé et tertio-quaternaire. Les alluvions sont peu importantes (8 %). Les gneiss, généralement acides, dominent largement sur l'ensemble du bassin.

L'altitude varie de 0 à 800 m. Les *formes du relief* sont en relation avec la nature des formations géologiques : l'on observe un modelé plat et déprimé dans les alluvions ; un modelé de plateau ou très faiblement ondulé sur les formations d'arénites (parsemé de mares dans le bas Jaguaribe) ; un modelé anguleux et peu ondulé sur les « surfaces d'aplanissement » et des collines, des montagnes et parfois des inselbergs sur les reliefs gneissiques ou granitiques ; en croupes sur les schistes d'Ingazeiras et un modelé dunaire à l'aval du bassin. Les surfaces d'érosion se divisent en « *surfaces d'attaque* » à l'amont et « *surfaces d'aplanissement* » à l'aval. Parmi les premières, l'on peut probablement déterminer une surface précrétacée sur les sommets des montagnes vers Caririaçu, Potengi, Pereiro, portant des sols ferrugineux fersiallitiques et dominés par des vestiges de plateaux gréseux crétacés. Dans les surfaces d'aplanissement, l'on peut reconnaître celles qui portent des sols ferrugineux fersiallitiques à l'aval ; celles qui portent des intergrades vertisols ferrugineux fersiallitiques ; l'avant dernière surface d'érosion cristalline, ou « paléoglacis », surface « d'atterrissement » recouverte par les dépôts Barreiras ; et la dernière surface d'érosion (correspondant au rajeunissement de la précédente), représentée par le modelé 2 B modal de la région de Jaguaribe.

La *végétation naturelle* est la « caatinga », végétation arbustive, assez dense, moyennement haute (4-5 m), subépépineuse. Elle alterne avec la *culture* assez importante sur le bassin, essentiellement constituée de *coton-maïs-haricot* et le *pâturage extensif*, très développé dans le « sertão » typique de la région de Jaguaribe.

(1) Le bilan moyen serait : écoulement 5 %, évapotranspiration 95 %, infiltration négligeable (1 % sur la « chapada » de Araripe, 20 % sur les sables dunaires).

Les sols les plus répandus sur le bassin sont les sols ferrugineux fersiallitiques ; puis viennent les sols ferrallitiques, les sols peu évolués d'érosion, les intergrades vert.-ferrug. fersial. ; et les sols bruts, les vertisols, les sols halomorphes et les sols hydromorphes.

Suivant les types de sol, l'*altération* est de différente nature : on observe une altération profonde, probablement ancienne et développée sous régime climatique plus humide (ou facilitée par la position du modelé dans le bassin) dans les sols ferrallitiques et ferrugineux fersiallitiques ; une altération actuelle, verticale peu profonde, sous climat sec, dans certaines conditions de roche et de drainage, et caractérisée par la production de montmorillonite dans les vertisols et intergrades vert.-ferrug. fersial. ; elles se manifeste également à la base des solonetz solodisés et au-dessus de l'horizon C de certains sols peu évolués d'érosion.

L'*érosion* est antagoniste de l'altération. Elle se manifeste dans tous les types de sols, mais son action est surtout visible après une longue durée ; elle se traduit en haut sur les sols par un remaniement et une dégradation que l'on peut suivre dans des séquences : dans les sols ferrugineux fersiallitiques, on observe un remaniement de l'horizon supérieur, souvent mélangé de cailloutis allant jusqu'à un horizon « d'apport et résiduel » ; souvent un raccourcissement du profil allant de sols tronqués à des sols peu évolués d'érosion et à des sols bruts. Dans les sols ferrallitiques, on passe des sols modaux à des sols beiges de pente ou à des sables blancs de bas de pente, avec des sols peu évolués d'apport. Enfin, l'horizon d'apport et résiduel, résultant de remaniement et brassage, accompagné souvent d'un sous-horizon de cailloutis, s'observe souvent à la partie supérieure des intergrades vert.-ferrug. fersial. des solonetz solodisés et des sols peu évolués d'érosion sur gneiss ; il est analogue à un profil « lessivé » de sol peu évolué d'apport sur sables.

Les mouvements internes des colloïdes dans le profil se manifestent surtout par les *revêtements argileux*, très généralisés dans les sols ferrugineux fersiallitiques et par les *raies* d'accumulation dans quelques profils peu nombreux de sols ferrallitiques dégradés ou de sols peu évolués d'apport, situés en position topographique proche d'une nappe phréatique.

Les manifestations d'*hydromorphie* sont relativement rares dans les sols. On observe cependant dans le bas Jaguaribe, à la base de la série Barreira, au contact du socle cristallin, un horizon tacheté (« plinthite »), probablement formé vers la fin du cycle de sédimentation. Des taches d'oxydo-réduction actuelles, s'observent en profondeur dans les sols hydromorphes, dans quelques profils de sols ferrallitiques, de sols ferrugineux fersiallitiques, d'intergrades vert.-ferrug. fersial., de sols salins, dans les solonetz solodisés qui en font des intergrades vers les sols hydromorphes.

Le phénomène de *cuirasses* et de *concrétions ferrugineuses* est rare. On ne les observe que par places dans des sols développés sur des matériaux *sédimentaires* (grès ou calcaires) et non dans des sols développés sur des roches mères gneissiques ou granitiques. Ils sont situés en position topographique haute, reposent généralement sur le socle, et semblent d'origine hydromorphe et ancienne, contemporaine de la fin du cycle de sédimentation. L'absence de cuirasses (et d'autres marques d'hydromorphie) dans les sols ferrugineux fersiallitiques sur gneiss est due à un drainage interne relativement bon, favorisé par un modelé où la dénivelée entre interfluves et nappe alluviale est relativement importante.

La *salinité* dans les sols salins (vertisols hydromorphes et sols hydromorphes salins) ne semble induire aucune modification dans les caractères morphologiques et en particulier dans la structure ; par contre, la structure très compacte des solonetz solodisés n'est pas liée à un taux élevé de sodium sur le complexe ou de sels solubles.

Dans les *vertisols*, les nodules calcaires, quand ils sont présents, sont de petites dimensions (inférieures ou égales à celles des grains de riz) ; la structure est généralement non grumosolique et le micro-relief « gilgai » absent.

Il y a généralement une assez bonne relation entre *certain types* de sols et la *nature* des roches mères : sols ferrallitiques sur arénites (et sur calcaires), sols ferrugineux fersiallitiques sur gneiss ; vertisols sur

marnes, alluvions et roches basiques (parfois sur calcaire) ; intergrades vert.-ferrug. fersial. sur roches basiques ou gneiss à passées basiques.

Sur la surface calcaire de la « chapada » de Apodi, on observe la coexistence de sols très différents : sols ferrallitiques à concrétions ferrugineuses et vertisols (ou bruts d'érosion).

Les sols peu évolués d'érosion (ou d'érosion à d'apport) sur gneiss sont caractérisés par un horizon A qui est souvent d'apport et résiduel, c'est-à-dire non issu de l'horizon C peu altéré, mais résultant d'un long remaniement et brassage de sols des surfaces environnantes.

Les sols peu évolués d'apport généralement observés sur matériau sableux montrent la faiblesse de l'altération (en intensité et en vitesse) et correspondent à des sols « lessivés », pauvres en argile, en matière organique et en bases.

Les vertisols sont caractérisés par la nature montmorillonitique de l'argile, la couleur foncée, la pauvreté relative en matière organique, la texture fine, exagérée sur le terrain (par la pauvreté en sables grossiers et la structure « feuilletée » de l'argile), la structure grossière, les fentes en saison sèche, les « slickensides », la consistance très collante et très plastique à l'état trempé et la grande richesse en bases.

Les intergrades vert.-ferrug. fersial. ont de nombreux caractères vertiques ; moins développés que dans les vertisols et des horizons B de couleur : montmorillonite, texture fine, structure moyenne, fentes « slickensides » peu développées, B rouge, brun ou jaunâtre, et une assez grande richesse en bases.

Les sols ferrugineux fersialitiques sont souvent très profonds (3-4 m), uniquement développés sur roche cristalline, généralement acide. Ils contiennent généralement des revêtements argileux dans la partie moyenne de l'horizon B qui peuvent être absents à la base des profils profonds ; ces horizons sans revêtements et certains profils profonds s'apparentent par les caractères morphologiques, physico-chimiques et minéralogiques à des sols faiblement ferrallitiques sur arénites. L'orthotype est rouge, argilo-sableux, à structure polyédrique moyenne avec peu de fentes ; la consistance à l'état sec est peu dure à dure et collante, plastique à l'état trempé. Le rapport limon/argile est supérieur à 20 % ; le sol est peu riche en matière organique, faiblement acide, moyennement riche en bases, avec un taux de fer libre moyennement élevé et un rapport silice/alumine légèrement supérieur à 2. La fraction argileuse est constituée de kaolinite moyennement cristallisée associée à de l'illite, avec très peu de goethite.

Les sols (faiblement) ferrallitiques sont analogues à ceux de l'Afrique de l'Ouest. Ils se différencient des sols ferrugineux fersialitiques par la roche mère (arénite), le modelé (1 B ou 2 A), la grande profondeur, la présence de pseudo-sables, la structure particulière, la consistance meuble à l'état sec, la grande perméabilité, l'absence de revêtements argileux, les limites diffuses ; la teneur faible en limon (le rapport limon/argile souvent inférieur à 20), la somme des bases plus faible, le pH un peu plus acide, le rapport silice/alumine souvent inférieur à 2. Mais ils ont une couleur, une texture vraie, un taux de fer libre et un rapport fer libre/fer total peu différents. L'argile est de la kaolinite souvent bien cristallisée, avec très peu de goethite ; la gibbsite est parfois présente, mais en faible quantité.

Les sols salins, généralement des vertisols hydromorphes et des sols hydromorphes, sont caractérisés par une conductivité supérieure à 4 ou un rapport Na/T % supérieur à 12.

Les solonetz solodisés sont des sols qui ont un horizon A sableux, bien tranché, reposant sur un horizon B très compact en saison sèche. L'horizon A est souvent un horizon d'apport et résiduel « lessivé » avec des taches d'hydromorphie ; l'horizon B n'a pas toujours la structure en colonnettes, ni une forte salinité.

Les sols hydromorphes ont des taches de pseudo-gley en profondeur.

La carte au 1/250 000 des paysages distingue 7 grandes unités cartographiques différenciées d'après les caractères des facteurs d'environnement ou de sols dans un but d'utilisation agrologique. Dans les 3 premières, la vocation dominante est agricole : ce sont des terres lourdes, généralement alluviales, des terres légères à arachide, manioc, ananas, et des terres moyennes, domaine de la trilogie coton-maïs-haricot. Dans les 4 dernières la vocation est essentiellement pastorale et ce sont généralement des surfaces érodées.

BIBLIOGRAPHIE

Anais da II^o reuniaõ de investigaõ agronomica do Nordeste 1962 - II - Solos.

Andrade, 60 - 1957. — Os rios de Açucar do Nordeste oriental

I — O rio Ceara Mirim

II — O rio Mamanguape. Publicações do Instituto Joaquim Nabuco de pesquisas sociais, Recife.

1960. — Os rios da Carnauba, I, O rio Mossoro (Apodi)

Publicações do Instituto Joaquim Nabuco de pesquisas sociais, Recife.

AUBERT (G.), 1963 — La classification des sols ; la classification pédologique française (in *Cahiers ORSTOM, sér. Pédologie* n^o 3 - 1,7)

AUBERT (G.), 1964. — La classification des sols utilisée par les pédologues français en zone tropicale ou aride. Colloque CCTA sur la classification des sols des régions intertropicales, leur corrélation et leur interprétation. *Class Soils* (63) 31 Lovanium. *Sols Africains* 9, n^o 1, 97 - 115.

AUBERT (G.) 1965. — Classification des sols. Tableau des classes, sous-classes, groupes et sous-groupes de sols utilisés par la section de pédologie de l'ORSTOM. *Cahiers ORSTOM, sér. Pédologie* III, fasc. 3.

BEZERRA (L.), de OLIVEIRA. — Coeficiente de permeabilidade de dois tipos de solos (aluvial) da estaçã experimental de Curado, IANE, Récife.

BIROT (P.), 1957. — Morphologie de la région de Récife. *Bull. assoc. des géographes français*, 263 - 264, janv. févr., 66 - 70.

BIROT (P.), 1958. — Morphologie structurale. P.U.F., Paris.

BOCQUIER (G.), 1964. — Présence et caractères de solonetz solodisés tropicaux dans le bassin tchadien. VIIIth Inter. Congr. Soil Bucarest, abstracts of papers, t. V, n^o 60, 103 - 106.

BOCQUIER (G.), BARBERY (J.), 1965. — Carte pédologique de reconnaissance au 1/200 000 de la République du Tchad. Feuille de Syngako. ORSTOM, Fort Lamy.

BOCQUIER (G.), MAIGNIEN (R.), 1963. — Les sols bruns subarides tropicaux d'Afrique de l'Ouest. *Sols Africains* VIII, 3, 359 - 370.

BOTELHO DA COSTA (J.), 1959. — Ferralitic, tropical fersialitic and tropical semi arid soils Angola, 3^o conférence interafricaine des sols. Dalaba I, 317 - 319.

BOUTEYRE (G.), 1961 - 1963. — Etude pédologique au 1/200 000 de la région du Logone et du Moyen-Chari entre Logone et Bahr-Sara. ORSTOM, Fort Lamy.

BRAGA (R.), 1960. — Plantas do Nordeste especialmente do Ceara. Fortaleza.

DEB (B.C.), 1950. — Estimation of free iron oxides in soils and clays and their removal. *J. Soil Sc.* 1, 212 - 220.

DEMANGEOT (J.), 1959. — Coordination des surfaces d'érosion au Brésil oriental. C.R. somm. séanc. Soc. Géol. Fr., fasc. 5, 99.

DEMANGEOT (J.), 1960. — Essai sur le relief du Nord-Est brésilien. *Annales de géographie* 69, n^o 372, 157 - 176.

DERRUAU (M.), 1965. — Précis de géomorphologie. Masson et Cie, Paris.

DESSUS (P.), 1961. — Pédologie. Compte rendu de mission préliminaire, goupe d'études du val du Jaguaribe. SCET-COOP - SUDENE.

DRESCH (J.), 1957. — Les problèmes morphologiques du Nord-Est brésilien. *Bull. assoc. des géographes français*, n^o 263 - 264 48 - 59.

DUCHAUFOR (Ph.), 1961. — Données nouvelles sur la classification des sols. Extrait des Ann. ENEF XVIII, 4, Nancy.

DUCHAUFOR (Ph.), 1965. — Précis de pédologie, 2^e édition, Masson et Cie, Paris.

D'HOORE (J.), 1964. — Projet conjoint CCTA/CSA, la carte des sols de l'Afrique au 1/5 000 000 (Définitions révisées). IX - 1, 55 - 64.

DUQUE (J.G.), 1953. — Solos e aguas no poligono das secas.

- Equipe pédologique Franco-Brésilienne (COLMET DAAGE, GUICHARD, BLANGUERNON, JURACY, MARQUES, VANDERLEI, JOSE MARIA, GERALDO AFONSO), 1965. — Caractéristiques et classification des principaux sols du Val du Jaguaribe. (Etat du Ceara, Brésil). *Cahiers ORSTOM, sér. péd.*, vol. III, fasc. 1, 3 - 20.
- FAUCK (R.), 1965. — Les sols faiblement ferrallitiques d'Afrique occidentale. ORSTOM Dakar-Hann.
- FAUCK (R.), 1965. — Contribution à l'étude des sols rouge de Casamance. ORSTOM Dakar-Hann.
- Groupe d'Etude du Val du Saõ Francisco, 1964. — Identification legend. Inédit.
- Groupe d'Etude du Val du Jaguaribe, 1964. — Mise en valeur du Bassin du Jaguaribe.
- Groupe d'Etudes générales de base, 1962 - 64, T. II, photointerprétation SUDENE - SCET-COOP.
- GUICHARD (E.), POISOT (P.), 1962. — Etude pédologique de la feuille au 1/200 000 Melfi. ORSTOM, Fort-Lamy.
- Instituto do Nordeste, 1955. — Estado do Ceara. Mapa topografica 1/500 000. Fortaleza.
- KING (L.), 1962. — Morphology of the earth. Oliver and Boyd. Edimburgh and London.
- LÉVÊQUE (A.), 1963. — Les sols développés sur le bouclier guyanais. ORSTOM, Cayenne.
- MAIGNIEN (R.), 1963. — Les sols bruns eutrophes tropicaux. *Sols Africains*, vol. VIII, n° 3, 480 - 496.
- MAIGNIEN (R.), 1964. — Les sols ferrugineux tropicaux VIIIth Int. Congr. Soil Sc. Bucarest abstracts of papers. V 91, 155 - 156 et 436 - 438.
- MELO (J.) de OLIVEIRA, 1964. — « Notas previas ». Considerações praticas sobre a caracterizaçõ e o uso dos solos do Ceara. SUDEC. Fortaleza.
- MILLOT (G.), 1964. — Géologie des argiles. Masson et Cie, Paris.
- Munsell soil Color Charts, 1955.
- PACQUET (H.), MAIGNIEN (R.), MILLOT (G.), 1961. — Les argiles des sols des régions tropicales semi-humides de l'Afrique occidentale. *Bull. Serv. Carte géologique d'Alsace et Lorraine*, t. 14, n° 4, 11 - 128.
- Photos aériennes au 1/70 000 du Val du Jaguaribe.
- PIAS (J.), 1962. — Les sols du moyen et bas Logone, du bas Chari, des régions riveraines du lac Tchad et du Bahr el Ghazal. ORSTOM, Fort-Lamy.
- RUTTEN (P.), BOUTEYRE (G.), VIGNERON (J.), 1964. — Pedogenèse et géomorphologie dans le bas Rhône - Languedoc ; leurs conséquences agrologiques. CNABRL, Nîmes, Gard.
- SEGALIN (P.), 1964. — Le Fer dans le sol. Initiations. Documentations techniques ORSTOM, Paris.
- SEGALIN (P.), 1965. — Symposium sur la classification des sols des régions tropicales. *Bull. biblio. péd.* XIV, fasc. 3, 5 - 8.
- Serviço Nacional de Pesquisas Agronomicas (comissãõ dos solos), 1958. — Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio de Janeiro e distrito federal. *Bol. Serv. nac. pesqu. agron.*, n° 11.
- Serviço Nacional de Pesquisas Agronomicas (comissãõ dos solos), 1960. — Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de Sao Paulo. *Bol. serv. nac. pesqu. agron.*, n° 12.
- SUDENE, 1963-65. — Plano Trienal de desenvolvimento economico e social Presidencia da Republica.
- TRICART (J.), 1958. — Division morphoclimatique du Brésil Atlantique Central. *Revue geomorph. dyn.* IX, n° 1, 2, 1 - 22.
- TRICART (J.), CAILLEUX (A.), 1960-61. — Le modelé des régions sèches. Centre de Documentation Universitaire, Paris.
- TRICART (J.), CAILLEUX (A.), 1965. — Modelé des régions chaudes. Forêts et savanes. T.V. du traité de géomorphologie. Sedes, Paris.
- USDA - Salinity Laboratory staff (Riverside California), 1954. — Diagnosis and Improvements of saline and alkali soils. LA Richards Editors, Washington DC.
- USDA - Soil Conservation service - Soil Survey staff, 1960. — Soil classification. A comprehensive system. 7th approximation. Washington DC.
- VIGNERON (J.), 1962. — C.R. du symposium de photointerprétation de Deft. Inédit.

ANNEXES

I. ANALYSES ET DESCRIPTION DE PROFILS

Les analyses ont été réalisées en grande partie par le laboratoire l'YPEANE à Curado (Récife) d'après les méthodes normalisées et mises au point par l'Institut de chimie agricole du Ministère de l'Agriculture à Rio de Janeiro et publiées dans le « Boletim do Instituto de Quimica Agricola n° 11 - 1949 ».

En particulier,

- L'analyse granulométrique utilise NaOH comme dispersant.
- Le pH est réalisé avec un rapport sol/eau = 1/2,5.
- Pour les sols salés, la résistivité, l'extrait de saturation, l'analyse de l'extrait, sont analysés d'après la méthode Riverside.
- La détermination de silice, alumine, fer dans les analyses totales est faite après attaque à l'acide sulfurique.

Une partie des analyses a été faite par le laboratoire du GISF (Groupe d'Étude du Val du Sao Francisco).

Une autre partie, par le laboratoire de la SCET à Lyon.

Les analyses d'argiles (rayons X et analyses thermiques différentielles) ont été réalisées par le laboratoire de l'ORSTOM à Bondy.

Profil I 10

Région : Quixeramobim - Boa Viagem, km 6.

Pluviométrie : 700 mm - *Roche mère* : Migmatite à gneiss
mica blanc

date : 20/12/63

noms : Guichard - Juracy

Végétation : arbustive dense assez basse (3 m) - Marmeleiro (Croton hemiargyreus) Mandacaru (Cactacée) - Jurema preta (Mimosa acutistipula) - Catingueira (Caesalpinia pyramidalis) - Cumarú - Pau Branco (Auxemma onocalyx) Sabia (Mimosa coesalpiniaefolia) - Velame (Croton).

Géomorphologie : 2 B à 3 A - petites collines, localement point haut, pente 10 %, altitude 200 m, érosion en ravins.

Drainage : D_e rapide - D_i lent.

Profil : nombreux cailloux de quartz sur le sol et affleurements de roche.

A₁ 0 - 10 cm : 10 YR 5/4 (sec) - 3.5/3 (humide) beige-brun - Très peu humifère. non calcaire - sans concrétion - sablo-argileux à nombreux graviers de quartz et morceaux de roche - polyédrique - macroporosité assez abondante - microporosité moyenne à rapide. C_s peu dur - C_t peu collant, peu plastique - sec - peu de racines.

Limite brutale et régulière.

C 10 - 25 cm : Migmatite en décomposition - litages visibles - peu décomposée - structure lamellaire à nombreux micas blancs.

Beige et blanc verdâtre avec quelques taches rouille.

Type de sol : Sol peu évolué d'érosion (A C) sur gneiss.

Profil J 55

Région : Solonopole - Banabuiu, km 15

date : 4/2/64

Pluviométrie : 650 mm - *Roche mère* : résidu sableux
sur gneiss

noms : Guichard - Marques.

Végétation : en bouquet : prairie de gazon et touffes d'arbres.
Sabia - Pau Branco - Mandacaru (Cactacée) (Combretum)
Capim de burro - Ervane.

Géomorphologie : variante 2 A « paleoglacis » ; petit plateau résiduel en position haute de la pénéplaine cristalline - pente nulle - altitude 180 m.

Drainage : D_e moyen - D_i rapide dans l'horizon supérieur, lent à très lent dans le gneiss.

Divers : Affleurements de roches par places - peu de cailloux en surface - surface sableuse.

Profil :

A₁ 0 - 10 cm : voisin de 10 YR 5/4 (humide) - peu humifère - non calcaire - sableux à sables moyens - moins de 5 % d'argile - particulaire - C_h meuble - C_t non collant non plastique - très frais - limite diffuse, régulière.

A₂₁ 10 - 20 cm : 10 YR 5/4 humide - peu de différences avec A₁.

II A₂₂ 20-30 cm : lit de cailloutis - quartz de 5 cm³ à angles arrondis, à forme polyédrique peu rubéfiés 50 % en volume de l'horizon, avec terre fine sableuse.

III C : Gneiss peu altéré - taches rouille en auréoles - roche dure.

Type de sol : Sol peu évolué d'érosion à d'apport (horizon A d'apport et résiduel, profil A II C) sur gneiss.

Profil E 39

Région : Bas Jaguaribe - près de Jaguaruana - rive gauche entre le fleuve et la ville

date : septembre 1962

noms : Colmet - Daage

Pluviométrie : 700 mm - *Roche mère* : alluvions sur bourrelet de berge

Cultures : coton annuel, herbacé, bien vert, sarclé ; maïs ; « fazenda » Boyada.

Géomorphologie : 1 A - relief légèrement plus haut ici que sur les plaines argileuses voisines - altitude 20 m.

Drainage : bonne perméabilité.

Profil :

0 - 20 cm : 10 YR 6/4 (sec) 3/2 (humide) beige clair - argilo-sableux à sable fin - assez sec et dur - pas de fentes visibles en surface petites fentes de 2-3 mm en profondeur remplies de sable fin - bonne structure.

20 - 80 cm : sable fin avec beaucoup de micas - un peu humide

80 - 120 cm : sable fin un peu argileux, un peu malléable, micacé, beige - humide.

120 - 130 cm : sablo-argileux - malléable - humide.

Type de sol : sol peu évolué d'apport - sur alluvions récentes.

Analyses

Echantillon E 391 - profondeur 0 - 30 cm - terre fine % 100 - sable grossier % 0,1 - sable fin 45 - limon 27 - argile 28 humidité équivalente % 27 - matière organique % 1,3 - C % 0,7 - N % 0,06 - C/N 12,5.

Ca échangeable mé/100 g 19 - Mg 8 - K 0,3 - Na 0,4 - S 28 - H⁺ 1 - T 29 - S/T 97 - P₂O₅ total ‰ 0,05 - assimilable mg/100 g 7.

pH eau 6,6 - K Cl N 5,1 - Conductivité millimhos/cm 0,3.

Région : bas Jaguaribe - Russas-Jaguaruana -
route rive gauche. Bas de pente - km 4 de Russas

date : 25/9/63

noms : Guichard -Marques

Pluviométrie : 700 mm - Roche mère : sables colluviaux de la série Barreira.

Végétation : « prairie » avec gazon ras et îlots de « caatinga » (végétation en bouquet) Marmeleiro (Croton hemiargyreus) Mofumbo (Combretum) 2 m de hauteur.

Géomorphologie : 2 A - bas de pente - 2 % - altitude 30 m (proche des alluvions)

Drainage : D_e moyen - D_i moyen à rapide.

Divers : sables un peu tassés - pas de cailloux ni fentes en surface.

Profil :

A₁ 0 - 10 cm : 10 YR 6.5/2 (sec) 4/2 (humide) - pas de taches - matière organique très faible - non calcaire - sableux avec éléments inférieurs à 1/2 mm et quelques sables de 2 mm - particulaire - C_s meuble - C_i non collant non plastique - microporosité forte - macroporosité faible - racines peu nombreuses, fin chevelu sec - limite brutale régulière.

A₂ 10 - 30 cm : 10 YR 6/3 (sec) - 5/4 (humide) - matière organique très faible - horizon peu différent du précédent - non cendreuse - limite distincte assez régulière (grains blancs nus)

B₁ 30 - 130 cm : 10 YR 5/3 (sec) - 4/3 (humide) - texture analogue, un peu plus argileux - particulaire - cohésion plus forte - meuble sec, contient des lignes d'accumulation (matière organique, argile, fer ?) subhorizontales, zigzagantes, brunes, légèrement durcies, 4 - 5 mm de large - 2 lignes à 50 cm de profondeur et 2 lignes à 100 cm.

Type de sol : Sol peu évolué d'apport - sur colluvions de série Barreira (avec indice de podzolisation ?)

Echant.	Profondeur cm	Terre fine %	Sables grossiers %	Sables fins %	Limons %	Argile %	Humid. équiv. %	Matière organ. %	C %	N %	C/N
E 301	0- 10	97	54	41	0,6	2	2	0,5	0,3	0,03	10
302	10- 30	98	64	31	1	3	3	0,3	0,2	<0,01	20
303	80-100	96	60	31	0,4	6	3				

Bases échangeables mé/100 g sol							S/T %	P ₂ O ₅ total ‰	pH eau	pH KCIN	Fer libre (%)
Ca	Mg	K	Na	S	H	T					
1	0,4	0,2	0,2	2	1	3	67	0,01	6,7	6,1	0,05
0,3	0,1	0,1	0,3	1	1	2	50	0,02	5,3	4,7	0,06
0,1	0,3	0,1	0,2	1	1	2	50	0,01	5,4	4,3	0,1

SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	K _i	K _r
2	2	0,3	1,5	1,4
2	2	0,3	1,7	1,5
3	3	0,6	1,7	1,5

Profil U 27

Région : Cariri - Nova Olinda - Santana, km 1

date : 2/4/63

Pluviométrie : 960 mm - Roche mère : marnes de la série Santana de couleur verdâtre.

noms : Guichard, Blanguernon Vanderley

Végétation : Coton « moco », 2 ans, envahi d'herbe, mais sarclé aux pieds. lignes de culture parallèles à la pente.

Géomorphologie : modelé général « éboulis » - 1 A à 2 A localement, assez proche des alluvions - pente 2 - 3 % - altitude 450 m - surface du sol assez érodée, érosion en ravines.

Drainage : au milieu de l'hivernage - D_e moyen - D_r lent - perméabilité réduite.

Divers : Quelques rares quartz et grès rapportés à angles vifs - surface du sol non calcaire - quelques fentes.

Profil :

A₁₁ 0 - 10 cm : humifère - gris brun 7,5 YR 3/2 (humide) - non calcaire - argileux avec limons - massif à polyédrique moyen - bonne porosité - consistance (humide) ferme ; (trempé) collant, plastique à très plastique racines fines assez abondantes - très frais - limite distincte, irrégulière (poche descendant à 30 cm).

A_{12g} 10 - 35 cm : brun-rouge 5 YR 4/4 (humide) - quelques vagues taches beiges dans une masse rougeâtre dominant non calcaire - argileux avec limon-polyédrique - assez poreux - consistance idem - humide - racines rares - limite diffuse ondulée.

A_{13g} 35 - 100 cm : brun-jaune foncé 10 YR 4/4 (humide) - vagues taches rougeâtres - non calcaire - polyédrique grossier Texture, consistance idem - humide - pas de racines.

Type de sol : vertisol lithomorphe non grumosolique sur marnes.

Echant.	Profondeur (cm)	Terre fine (%)	Sables grossiers (%)	Sables fins (%)	Limons (%)	Argile (%)	Humidité équiv. (%)	Matière org. (%)	C (%)	N (%)	C/N
U 271	0- 10	99	10	40	18	32	23	1,7	1	0,1	8,3
272	80-100	100	2	18	20	60	39	0,5	0,3	0,04	8

Bases échangeables mé/100 g sol							S/T (%)	P ₂ O ₅ total ‰	assimilab. mg/100 g	pH KCIN	CO ₃ Ca	Eau pH
Ca	Mg	K	Na	S	H	T						
2	2,4	0,6	0,1	5,1	3,7	9	58	0,05	0,6	4,7	—	5,8
2,4	7,2	0,3	0,8	10,7	1,8	13	85	0,04	0,2	5	—	6,1

Argile U 271 et 272 : interstratifié (illite, chlorite, montmorillonite faible)
illite faible (dioctaédrique)
kaolinite faible.

Région : Cariri - Brejo Santo - Milagres, km 7

date : 25/5/63

Pluviométrie : 850 mm - Roche mère : argilite rougeâtre
faiblement calcaire

noms : Guichard
Juracy

Végétation : prairie et quelques arbustes - Pinhao (Jatropha curcas) - Canafistula (Cassia) - Juazeiro (Ziziphus joazeiro) - Angico (piptadenia) - Matapasto (Cassia sericea) - Malva branca (Sida cordifolia) - Jurema (Mimosa verrucosa) - Capim de burro (Cynodon dactylon) - Feijão bravo (Phaseolus ou Vigna) - Aroeira brava.

Géomorphologie : 1 A à 2 A - bas de pente au-dessus d'alluvions - pente 1 % - 400 - 500 m d'altitude - érosion en ravines très faible.

Drainage : début d'hivernage : D_e lent très lent ; D_s rapide à très rapide
fin — : D_e moyen D_s imparfait

Divers : pas de cailloux - fentes de 4-5 cm de large en surface - surface très peu grumeleuse - tranchée de route.

Profil :

- A₁₁ 0 - 100 cm : 5 YR 3/2 (sec) - matière organique continue - quelques concrétions ferrugineuses - très petits nodules calcaires (riz) moyennement nombreux (terre non calcaire) - très argileux (avec limons) - polyédrique moyen à tendance prismatique verticale - fentes verticales nombreuses 1 cm de large slickensides nets - C_s extrêmement dur - C_t collant à très collant, plastique à très plastique - Racines rares à assez abondantes, petites - sec - limite diffuse, ondulée.
- A₁₂ 100 - 130 cm : 5 YR 3/3 (sec) - MO moins abondante - pas de concrétions - structure lamellaire grossière - fentes horizontales moyennes - racines rares à nulles, peu grosses - le reste idem - limite graduelle.
- C 130 - 210 cm : 2,5 YR 4/2 (sec) ni taches, ni concrétions, ni nodules - terre très légèrement calcaire - très argileux à argile - polyédrique à cubique moyenne à petite - slickensides - C_t idem - racines o - sec.
- D 210 - 410 cm : 2,5 YR 4/4 (sec) - avec taches vert clair - très légèrement calcaire - pas de concrétions ni nodules - roche peu dure - argile-cubique à plans lisses et angles rectangulaires - faces parfois rubéfiées - argile non poreuse C_t idem.

Observation : dégradation de la montmorillonite vers le haut et décroissance du taux de Mg.

Type de sol : vertisol lithomorphe non grumosolique sur argilite.

Echant.	Profondeur (cm)	Terre fine (%)	Sables grossiers (%)	Sables fins (%)	Limons (%)	Argile (%)	Humidité equiv. (%)	Matière org. (%)	C (%)	N (%)	C/N
V 91	0- 20	100	2	25	35	39	38	1,1	0,6	0,09	7
92	100-120	99	2	27	15	57	42	0,2	0,1	0,05	3
93	300	100	0,3	15	46	39	32	0,1	0,08	0,03	3

Bases échangeables mé/100 g terre						S/T (%)	P ₂ O ₅ total ‰	assimil. mg/100 g	pH eau	pH KCIN	CO ₃ Ca (%)	conduct. mmhos/cm	Na/T (%)
Ca	Mg	K	Na	S	T								
34	20	0,7	0,2	55	55	100	0,04	7	7,6	6,1	3,3	0,2	0,3
23	25	0,4	7	56	56	100	0,06	2,8	8	6,6	4,6	3,1	13
18	31	0,5	7	57	57	100	0,1	2,7	8,1	7	5,5	3,9	13

SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	K _t	K _r	argile V 93
19	18	9	1,8	1,4	montmorillonite très importante (un peu moins dans les taches vertes)
26	16	10	2,7	2	illite, peu.
14	19	13	1,3	1	kaolinite, très peu.

Profil C 38

Région : Boa Viagem - Madalena, km 19

date : 31/12/63

Pluviométrie : 750 mm - Roche mère : amphibolite.

noms : Guichard, Juracy

Végétation : sol nu et végétation arbustive rare - quelques arbustes et graminées - Pinhaô (Jatropha curcas) - Jurema preta (Mimosa acutistipula) - Velame (Croton compestris) - Matapasta (Cassia sericea).

Géomorphologie : relief général 2 B. ici point haut - pente 2 % sur les bords - altitude 250 - 300 m - érosion en ravines bien marquées.

Drainage : variable pendant la saison des pluies.

Divers : roche faiblement calcaire - nombreux cailloux d'amphibolite et de quartz sur le sol - nombreuses fentes en surface formant un quadrillage fin - pellicule de 3 mm en surface qui se desquame.

Profil :

A₁₁ 0 - 15 cm : 7,5 YR 4/0 approché (humide) - faiblement calcaire - très argileux (apparence exagérée) - quelques graviers de quartz 1-2 cm³ émoussés jaunâtres - Massif et lamellaire en surface - consistance (humide) ferme - (trempé) très collant, très plastique - très frais.

A₁₂ 15 - 70 cm : 7,5 YR 4.3/0 (sec) - peu différent (humide) - faiblement calcaire - argileux analogue, peu de graviers de quartz - polyédrique à cubique grossier (10-15 cm³) avec sous-structure plus petite - fentes de 15 à 70 cm, de 0,5 cm de large délimitant la structure - fentes plus fines - slickensides et agrégats orientés bien nets - consistance (sec) très dur ; (trempé) très collant, très plastique - sec.

C 70 - 90 cm : très calcaire - très riche en minéraux primaires - assez argileux C_s peu dur - C_t peu collant peu plastique

D sur le sol : faiblement calcaire.

Type de sol : vertisol lithomorphe non grumosolique sur roche basique.

Echant.	Profondeur (cm)	Terre fine (%)	Sables grossiers (%)	Sables fins (%)	Limons (%)	Argile (%)	Humidité équiv. (%)	Matière org. (%)	C (%)	N (%)	C/N
C 381	0-15	95	7	29	17	45	31	1	0,6	0,05	12
382	50-60	97	5	30	18	46	32	0,8	0,5	0,05	10
383	80-90	64	25	26	15	33	26	0,8	0,5	0,04	12,5

Bases échangeables mé/100 g de sol							S/T %	P ₂ O ₅ total ‰	assimil. mg/100g	pH eau	pH KCIN	CO ₃ Ca %	CO ₃ Ca actif %	conduct. mmhos/cm
Ca	Mg	K	Na	S	H	T								
32	12	0,1	0,5	44	1	45	96	0,06	10	7,5	6,6	1,8	0,1	0,7
29	14	0,1	1,1	44	1	45	96	0,07	10	8,5	6,9	1,8	0,3	0,5
—	—	—	—	—	—	37	100	0,06	0	8,8	7,5	8,5	3,6	0,8

Fer libre %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	K _t	K _r	Argile horizon C 382
0,4	26	13	5	3,2	2,6	montmorillonite très importante traces de kaolinite
0,5	25	15	5	3	2,4	
0,4	21	11	5	3,4	2,6	

Région : Boa Viagem - NE Boa Viagem, km 16

date : 7/1/64

Pluviométrie : 750 mm - Roche mère : gneiss basique

noms : Guichard - Juracy

Végétation : arbustive moyennement à peu dense - repousses et sol nu par places (2 m de haut) - Mofumbo (Combretum) - Pau branco (Auxemma oncocalyx) - Xique-Xique (Cactée) - Mandacaru (Cactée) - Pereiro (Aspidosperma piri-folium) - Catingueira (Caesalpinia pyramidalis) - Aroeira (Astronium urundeuva) - Jurema preta (Mimosa acuti-stipula) - Marmeleiro (Croton hemiargyreus).

Géomorphologie : 2 B - assez mou - ici point haut - altitude 250-300 m - érosion en ravines.

Drainage : D_e moyen à rapide - D_i lent à moyen.

Divers : pas de fentes - cailloux de quartz et roche peu nombreux sur le sol.

Profil :

A₁₁ 0 - 15 cm : 10 YR 3/3 (sec et humide) - un peu humifère - non calcaire - très argileux (60 %) - peu de Sg - prismatique à cubique petite (3 cm³) liaison forte - nombreuses fentes horizontales et verticales (0,5 cm et plus petites) - horizon très structuré, plus que le 2^e - slickensides (moins nets que dans vertisols) - macroporosité très faible ; microporosité lente - C_s (humide) ferme à très ferme ; C_t très collant, très plastique - sec à frais - limite diffuse et régulière.

A₁₂ 15 - 30 cm : 7,5 YR 3/2 (sec et humide) - non calcaire - très argileux - assez nombreux minéraux primaires (feldspaths, micas verdâtres), quelques graviers de quartz - structure plus grossière (10 cm³) - fentes nombreuses et slickensides - macro et microporosité idem - C_s dur à très dur - C_t collant à très collant, plastique à très plastique - sec à frais - limite brutale, régulière.

C 30 - 65 cm : brun et vert foncé avec éléments blancs - non calcaire - 35 % d'argile avec très nombreux minéraux verts et feldspaths blancs - polyédrique à cubique moyen (10 cm³) - très peu de fentes - macroporosité idem ; micro, moyen - C_s dur à très dur - C_t peu collant à collant, peu plastique à plastique.

Type de sol : Intergrade vertisol à ferrugineux fersiallitique type AC, brun-rouge.

Echant.	Profondeur cm	Terre fine %	Sables grossiers %	Sables fins %	Limons %	Argile %	Humidité équiv. %	Matière org. %	C %	N %	C/N
I 491	0-10	96	21	31	9	35	22	1,2	0,7	0,08	9
492	20-30	96	20	28	11	39	25	0,7	0,4	0,05	8
493	40-50	94	35	40	9	20	23	0,3	0,2	0,02	10

Bases échangeables mé/100 g terre						S/T %	P ₂ O ₅ total ‰	assimil. mg/100 g	pH eau	pH KCIN	CO ₃ Ca %
Ca	Mg	K	Na	S	T						
12	9	0,3	0,3	22	22	100	0,02		7	5,6	—
17	13	0,1	0,6	30	31	98	0,05	10	7,5	5,6	—
17	12	0,1	0,6	30	21	—	0,2	20	7,8	5,6	—

SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	K _t	K _r	Fer libre %	Argile I 492	Argile
17	11	6	2,6	2	1,7	montmorillonite importante métalloysite peu. goethite traces.	I 491 idem - goethite plus forte. I 493 idem - pas de goethite
21	12	7	3	2			
22	10	8	3,5	2,3			

Profil J 56

Région : Solonopole - Banabuiu, km 33

date : 4/4/64

Pluviométrie : 650 mm - Roche mère : gneiss (à pegmatite) nombreux affleurements de roche

noms : Guichard - Marques

Végétation : arbustive dense et repousses (2 m de haut) - Angico (*Piptadenia macrocarpa*) - Marmeleiro (*Croton hemiargyres*) - Sabia (*Mimosa caesalpiniaefolia*) - Catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*) - Pau branco (*Cordia*) - Végétation herbacée rare.

Géomorphologie : 2 B proche de 3 A - pente 5 % - altitude 170 m - érosion en ravines - profil sur faible pente.

Drainage : D_e rapide en surface - D_t moyen

Divers : blocs de roche sur le sol

Profil :

A₁ 0 - 30 cm : 7,5 YR 4/2 (humide) - assez humifère - très peu calcaire - sableux à sables grossiers (10-15 % d'argile) - particulaire - C_h friable - C_t non collant, non plastique - peu de racines - frais - limite distincte, régulière.

B₂₁ ou A_{12g} 30 - 60 cm : beige jaunâtre à taches rouille (50 %) - très peu calcaire - argileux (50 % d'argile) avec sables grossiers de quartz anguleux - massif à blocs polyédriques collants ; non structurés car humide ; pas de fentes ni slickensides visibles - C_h ferme à très ferme - C_t collant à très collant, très plastique - frais - limite distincte à graduelle, régulière.

B₂₂ ou A₁₃ 60 - 100 cm : 2,5 YR 5/6 humide beige jaunâtre à vert olive un peu rouge, moins rouge que le 2^e horizon - très peu calcaire - un peu plus argileux - idem - très frais.

Remarque : quelques cailloux de quartz émoussés 5-10 cm³, peu roulés et un bloc de pegmatite - Nodules calcaires non visibles 2^e et 3^e horizons pas de pores - microporosité très lente.

Type de sol : Intergrade vertisol à ferrugineux fersiallitique à B olive - tendance à vertisol.

Echantil.	Profond. cm	Terre fine %	Sables grossiers %	Sables fins %	Limons %	Argile %	Humidité équiv. %	Matière org. %	C %	N %	C/N
J 561	0-20	71	41	42	3	12	10	1,4	0,8	0,07	11
562	40-50	84	26	17	5	55	30	0,8	0,5	0,05	10
563	100	84	24	22	9	45	31				

Bases échangeables mé/100 g terre						S/T %	P ₂ O ₅ total ‰	pH eau	pH KCIN	CO ₃ Ca %	Actif %
Ca	Mg	K	Na	S	T						
4	1	0,7	0,05	6	8	73	0,02	6,5	5,7	0,5	0,3
6	16	0,1	0,6	22	26	82	0,02	5,6	4,7	0,8	0,3
8	21	0,1	1,5	30	30	100	0,05	7,5	6,1	0,8	0,3

								Sels solubles mé/100 g						
SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	K _i	K _r	Fer libre %	Conduct. mmhos/ cm	Na/T %	Cl	SO ₄	CO ₃	Ca	Mg	K	Na
5	4	3	2	1,4	1	1		0,1	0,2	0,01	0,1	0,08	0,06	0,1
23	16	8	2,5	2	4	0,4								
23	13	8	3	2,2	3	1,2	5	0,4	0,15	0,1	0,1	0,1		0,3

Argile J 562	Argile J 561 et J 563
montmorillonite kaolinite un peu d'illite goethite traces	561 idem k idem m plus forte que 2 gibbsite un peu - goethite traces à 0 563 idem k idem m plus forte que 2 gibbsite = 0—goethite traces+fortes que 2

Profil I 26

Région : Boa Viagem - Madalena, km 8

date : 31/12/63

Pluviométrie : 750 mm - Roche mère : gneiss à passées basiques

noms : Guichard - Juracy

Végétation : arbustive peu dense - Pereiro (*Aspidosperma pirifolium*)

Marmeleiro (*Croton hemiargyreus*) - Mandacaru (Cactée) - Aroeira (*Astronium urundeuva*) - Jurema preta (*Mimosa acutistipula*).

Géomorphologie : 2 B - ici point haut - pente locale 5-10 % - altitude 250-300 m - érosion en ravines assez forte.

Drainage : D_e moyen - D_i lent à moyen.

Divers : pas de fentes - nombreux cailloux de roche et de quartz sur le sol.

Profil :

- A₁ 0 - 10 cm : horizon d'apport et résiduel - 10 YR 2/2 (humide) - assez humifère - non calcaire - sableux (15 % d'argile) - massif et particulaire - C_h friable - C_t peu collant, peu plastique - racines fines - parfois horizon plus épais - très frais - limite distincte, régulière.
- II B₂₁ 10 - 28 cm : 5 YR 3/4 (humide) un peu rouge - non calcaire - très argileux (60 %) - peu de minéraux primaires (feldspath) - prismatico-cubique moyenne à fine (4-5 cm³) - fentes verticales et horizontales assez nombreuses, peu larges (2 mm) - microporosité faible - C_h ferme - C_t très collant, très plastique - très frais - limite distincte.
- II B₂₂ 28 - 40 cm : 10 YR 4/4 à 7,5 YR 4/4 (sec et humide) - non calcaire - un peu moins argileux, davantage de minéraux primaires - prismatico-cubique fine (2-3 cm³) - fentes analogues - bien structuré - slickensides et agrégats orientés faibles - microporosité faible - C_e peu dur à dur - C_t idem précédent - frais - limite brutale.
- II C 40 - 100 cm : blanc à grisâtre avec minéraux verdâtres - gneiss lamellaire subhorizontal - taches rouille et jaunes sur les plans des filons - sec à frais.

Type de sol : Intergrade vertisol à ferrugineux fersiallitique - A d'apport et résiduel - B brun rouge/B brun olive.

Chant.	Profond. cm	Terre fine %	Sables grossiers %	Sables fins %	Limons %	Argile %	Humidité équiv. %	Matière org. %	C %	N %	C/N
I 261	0-10	97	32	35	13	17	14	1,2	0,7	0,05	14
262	10-25	100	12	16	10	62	35	1,2	0,7	0,07	10
263	30-40	99	20	22	13	44	29	0,7	0,4	0,04	10

Bases échangeables mé/100 g terre						S/T %	P ₂ O ₅ total ‰	pH eau	pH KCl N	CO ₃ Ca
Ca	Mg	K	Na	S	T					
6	2	0,1	0,2	8	11	80	0,02	6,5	5,5	—
14	12	0,2	1	27	28	96	0,03	6,1	4,1	—
12	11	0,1	1	24	26	93	0,01	6,5	4,3	—

SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	K _t	K _r	Fer libre %	Argile I 262	Argile
8	7	3	2,2	1,6	1	kaolinite illite peu interstratifié (I.chlorite) peu goethite (traces)	I 261 - kaolinite moins forte goethite plus forte idem
28	19	8	2,5	2	2,7		
21	14	7	2,6	2	2		

Région : Ouest de Quixeramobim.

date : 22/12/63

Pluviométrie : 700 mm - Roche mère : gneiss

noms : Guichard - Juracy

Végétation cultures : champ de coton « moco » de 4 à 5 ans (espacement 1 x 1,5 m) de bon aspect - Jurema preta (Mimosa acutistipula benth) - Jurema branca (Phitecoelobium dumosum benth) - Mofumbo (Combretum leprosum Mart.) - Velame (Croton campestris St Hill) - Marmeleiro (Croton hemiargyreus) - Juazeiro (Ziziphus joazeiro Mart.) - Catingueira (Caesalpinia pyramidalis tull).

Géomorphologie : zone moyennement ondulée type 2 B - pente 5 % - altitude 200-300 m

Drainage : D_e moyen à rapide - D_t moyen

Divers : nombreuses pierres de quartz de toutes dimensions sur le sol.

Profil :

A₁ 0 - 35 cm : 10 YR 3/1 (sec) 10 YR 2/1 (humide) - assez riche en matière organique - pas de taches - argilo-sableux (30 % d'argile) à sables grossiers - particulaire - pas de fentes - pas de revêtements argileux - microporosité moyenne à rapide - C_s peu dur - C_t peu collant, plastique - racines peu nombreuses et fines - sec.

B_{2g} 35 - 80 cm : 2,5 YR 4/6 (sec) 2,5 YR 3/6 (humide) et 2,5 YR 5/8 (écrasé sec) - argileux (50 % d'argile) avec nombreux graviers de quartz blancs et anguleux (4 mm³) - grandes et nombreuses taches dans l'horizon rouge - tendance faible à « plinthite » - structure polyédrique moyenne - sous-structure à tendance grumelleuse en cassant les agrégats - revêtements argileux moyen (se confond avec les taches) - fentes rares et très fines - microporosité moyenne à rapide - macroporosité moyenne - C_s peu dur - C_t collant et plastique - racines rares et fines - sec

B_{2s} lit de cailloux de quartz transportés.

Type de sol : sol ferrugineux fersiallitique (moyen)

Echant.	Profond. cm	Terre fine %	Sables grossiers %	Sables fins %	Limons %	Argile %	Humidité équiv. %	Matière org. %	C %	N %	C/N
I 181	0-20	42	33	30	7	26	16,5	3,4	2,1	0,1	21
182	45-55	92	25	13	10	48	21	1	0,6	0,07	8,5

Bases échangeables mé/100 g sol						S/T %	P ₂ O ₅ total ‰	pH eau	pH KCl N
Ca	Mg	K	Na	S	T				
11,8	2,4	0,4	0,4	14,8	17,6	84	0,05	6,2	5,4
6	2,8	0,2	0,3	9,3	13,7	68	0,02	6,1	5

SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	K _i	K _r	Fer libre %	Argile I 182
10,7	8,4	2,6	2,1	1,8	0,7	
23	18,7	4,5	2,1	1,8	1,6	

Profil I 58

Région : Pedra Branca - Mineirolândia, km 11.

date : 19/1/64

Pluviométrie : 800 m - Roche mère : gneiss

noms : Guichard - Marques

Végétation : arbustive avec repousses - champ de coton « moco »

Marmeleiro (Croton hemiargyreus) - Mofumbo (Combretum) - Mandacaru - Cipo de tatu - Jikiri - Pinhaõ (Jatropha curcas) - Canafistula (Cassia)

Géomorphologie : 2 B pénéplaine proche de montagne - localement en position haute - pente 2-3 % - altitude 400 m.

Drainage : D_i moyen

Divers : quelques graviers de quartz sur le sol - profil de coupe de route.

Profil :

- A₁ 0 - 20 cm : 5 YR 3/4 (humide) - peu humifère et matière organique continue - non calcaire - pas de taches - un peu de charbon - argilo-sableux (à Sg) - quelques graviers de quartz parfois formant un lit - (structure massive dans profil raffraîchi) - tendance colonnaire avec sommets arrondis et assez durci et quelques fines fentes délimitant les unités structurales - macroporosité moyenne, pores de racines - microporosité moyenne - consistance à l'état humide friable - C_t peu collant, peu plastique - racines jusqu'au fond assez nombreuses - humide (dans tout le profil) - limite diffuse, régulière.
- B₁ 20 - 50 cm : 2,5 YR 3/6 (humide) - peu humifère - argileux (45 % A) - pas de minéraux primaires - quelques quartz anguleux non rubéfiés - structure massive et grossière prismatique dans coupe raffraîchie - quelques fines fentes verticales - pores assez nombreux - microporosité lente - C_h idem - C_t peu collant, plastique - limite diffuse, régulière.
- B₂₁ 50 - 135 cm : 10 R 3.5/6 (humide) - 2,5 YR 4/8 (écrasé humide) - argileux (50-60 % A) - « argillic horizon » - structure idem avec sous-structure particulière et polyédrique fine ou nuciforme - revêtements argileux abondants et brillants, mat en cassant l'agrégat - pores fins - microporosité lente - C_h friable - C_t collant, plastique à très plastique - limite graduelle, irrégulière.
- B₂₂ 135 - 230 cm : 2,5 YR 4/6 (humide) avec taches jaunes peu nettes - argileux (A 50 %) plus de sables fins et limons - peu à pas de minéraux primaires - structure idem - revêtements argileux moins abondants - apparence mate - poreux - aspect friable d'horizon « latosolic » - pores fins - C_h C_t idem B₂₁.

Type de sol : Sol ferrugineux fersiallitique (profond, tendance à sol ferrallitique en profondeur).

Echant.	Profond. cm	Terre fine %	Sables grossiers %	Sables fins %	Limons %	Argile %	Humidité equiv. %	Matière org. %	C %	N %	C/N
I 581	0-20	96	40	23	13	22	15	1,5	0,9	0,07	13
582	30-40	95	31	19	11	36	17	1,2	0,7	0,05	14
583	100-110	96	20	23	12	42	23				
584	190-210	96	25	26	25	22 ?	21				

Bases échangeables mé/100 g sol						S/T %	P ₂ O ₅ total ‰	pH eau	pH KCl N
Ca	Mg	K	Na	S	T				
4	1,3	0,2	0,1	5,8	8	70	0,01	5,8	4,9
3,4	1	0,2	0,2	5	8	63	0,02	5,1	4,2
4	2,4	0,1	0,2	7	9	71	0,02	5,4	4,6
4	3	0,1	0,3	7	8	86	0,01	5,8	4,8

SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	K _t	K _r	Fer libre %	Argile I 582
12	11	3	1,8	1,6	1	kaolinite
17	12	4	2,3	2	1	traces d'illite
28	23	6	3	1,7	3	un peu de goethite (un peu dans 583 et 0
25	19	5	2,2	1,9	2	dans 584).

Profil U 22

Région : Cariri - « chapada » do Araripe - route Crato-Santana
do Cariri - km 29.

date : 21/1-4/6/63

noms : tous les pédologues.

Pluviométrie : 1 000 mm - Roche mère : arénite (grès supérieurs)

Végétation culture : champ de culture - ananas, manioc, sisal - « caatinga » rare, car défriches abondantes.

Géomorphologie : 1 B - Plateau horizontal - altitude 700 m (ou 950 m ?) - érosion éolienne faible.

Drainage : D_e très lent - D_i rapide à très rapide - bonne perméabilité.

Sources au pied des grès supérieurs - débit : 1 % de la pluviométrie.

Profil :

A₁ 0 - 30 cm : 7,5 YR 4/4 (sec) - 10 YR 4/4 (humide) - plus jaune à l'état écrasé sec - couleur mate et homogène sans taches - peu humifère - non calcaire - sableux à sablo-argileux - grains moins vêtus qu'en profondeur (lavage de l'argile faible) - structure polyédrique moyenne à fine à particulière - liaison des agrégats faible ; sous-structure particulière et pulvérulente - macroporosité faible - C_s meuble - C_t peu collant, non à peu plastique - sec - limite diffuse, régulière.

B₁ 30 - 60 cm : 7,5 YR 5/6 (sec) - 4/4 (humide) - sans taches - très peu humifère - non calcaire - sablo-argileux (grains vêtus) - ensuite idem - limite diffuse.

B₂ 60 - 200 cm : 7,5 YR 6/6 (sec) - 5 YR 5/8 (humide) - sablo-argileux - idem.

Observations : pseudo-sables par suite de la différence des textures sur le terrain et à l'analyse - couleur plus jaune que sur les grès inférieurs à modelé 2 A profil profond - plus loin, l'horizon B₂ se poursuit au-dessous de 4,20 m.

Type de sol : Sol ferrallitique (orthotype) (faiblement ferrallitique).

Echant.	Profond. cm	Terre fine %	Sables grossiers %	Sables fins %	Limons %	Argile %	Humidité équiv. %	Matière org. %	C %	N %	C/N
U 221	0-20	100	47	14	3	36	14	1,9	1,1	0,07	15
222	30-60	»	36	16	4	44	16	1,1	0,7	0,05	13
223	100	»	28	23	3	46	16	0,7	0,4	0,03	13
224	200	»	36	14	3	48	13				

Bases échangeables mé/100 g sol						S/T %	pH eau	pH KCl N
Ca	Mg	K	Na	S	T			
1,6	0,5	0,1	0,1	2,3	7,8	29	4,4	3,7
0,3	0,06	0,06	0,1	0,5	4,7	11	4,5	3,8
0,4	0,1	0,05	0,1	0,7	3,6	19	4,8	4
0,4	0,05	0,05	0,1	0,6	3	19	4,6	4,1

SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	K _t	K _r	Argile U 223
14	14	5	1,6	1,3	
17	17	6	1,7	1,4	
20	19	6	1,7	1,5	
18	19	6	1,6	1,4	

Région : Bas Jaguaribe - Triangle de Tabuleiro-Jaguaribe - km 12
(sur la BR 13)

date : 1/10/63
noms : Guichard - Marques

Pluviométrie : 650 mm - Roche mère : série Barreira
(arénite meuble)

Végétation : arbustive à buissonnante peu haute - Marmeleiro (Croton hemiargyreus) - Mandacaru (Cereus jamacaru) - Imburana (Bursera leptoflocos) - Freijorge (Cordia alliodora) - Salsa.

Géomorphologie : 2 A - position haute du modelé - cette couverture domine le socle cristallin (la route suit une ligne de crête) pente 3 % - érosion vague.

Drainage : D_e lent - D_i rapide.

Divers : pas de fentes ni cailloux - galets nombreux et horizon tacheté sur les bords de la surface.

Profil :

A₁ 0 - 35 cm : 2,5 YR 4/4 (sec), 3/4 (humide), 5 YR 4/4 (écrasé sec), sans taches, couleurs mates et vives - peu humifère, dégradation continue - pas de concrétions ni calcaire - sableux à sables grossiers, grains lavés et nus - particulaire - C_s meuble, C_t non collant, non plastique - racines jusqu'à 1 m - sec - limite diffuse, régulière.

B₁ 35 - 64 cm : 2,5 YR 4/6 (sec), 3/6 (humide), 5/6 (écrasé sec) - sableux (10 % d'argile), peu de pseudo-sables, la couleur colle aux doigts à l'état trempé - particulaire, sous-structure pulvérulente, abondante - pas de fentes - grains plus vêtus, nombreux pores de 1 mm - microporosité forte, idem précédent - sec - limite diffuse, régulière.

B₂ 64 - 165 cm : 2,5 YR 4/8 (sec), 3/6 (humide), 5/8 écrasé sec - sableux (15 % d'argile) idem.

Observations : pas de lignes d'accumulation, faible lavage de l'horizon supérieur. Sol analogue à ceux de la « chapada » de Araripe et aux « sols rouges » du Tchad.

Type de sol : Sol ferrallitique (orthotype) (faiblement ferrallitique).

Echant.	Profond. cm	Terre fine %	Sables grossiers %	Sables fins %	Limons %	Argile %	Humidité equiv. %	Matière org. %	C %	N %	C/N
J 321	0-20		72	18	1	7	5	1,4	0,8	0,05	16
322	90-100		55	24	2	18	8	0,3	0,2	0,01	20

Bases échangeables mé/100 g de terre						S/T %	P ₂ O ₅ total ‰	pH eau	pH KCl N
Ca	Mg	K	Na	S	T				
1,5	1	0,2	0,2	3	5	60	0,03	5,8	4,8
0,3	0,3	0,1	0,2	1	2,5	40	0,03	4,5	4

SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	K _t	K _r	Fer libre %	Argile J 322
4	3	1	2	1,7	0,5	
8	7	2	2	1,6	1	

Profil I 5

Région : Quixada-Quixeramobim, km 37

date : 16/12/63

Pluviométrie : 700 mm. Roche mère : série Barreira
(ou granite ?)

noms : Guichard - Juracy

Végétation : vieux champs du coton - Jurema preta (*Mimosa acutistipula*) - Mofumbo (*Combretum*) - Pau branco (*Auxemma Oncocalyx*) - Ciomeira (*Calotropis gigantea*).

Géomorphologie : 2A, pénéplaine faiblement ondulée, ici point haut, aux environs : inselbergs granitiques, pente 5 %, altitude 200 m.

Drainage : moyen.

Divers : ni cailloux, ni fentes, profil de coupe de route.

Profil :

- A₁ 0 - 30 cm : 10 YR 5/3 (sec), 7,5 YR 4/2 (humide) - peu de matière organique et diffuse - sans taches ni concrétions, ni calcaire - sableux à sables grossiers et graviers - polyédrique moyen peu lié, 1 ou 2 fentes dans le profil - C_s meuble, C_t non collant, non plastique - macroporosité faible, micro forte - sec, limite distincte à graduelle.
- B₁ 30 - 40 cm : 5 YR 5/6 (sec), 4/6 (humide), 6/8 (écrasé sec), sableux (10-15 % d'argile) avec sables grossiers, polyédrique moyen, C_s peu dur, C_t peu collant, peu plastique, macroporosité moyenne, microporosité moyenne à forte, limite distincte, régulière.
- B₂₁ 40 - 100 cm : 2,5 YR 5/8 (sec), 3/6 (humide), 6/8 (écrasé sec), couleur intense mais non brillante, revêtements argileux moyens - argilo-sableux (40 % d'argile) avec graviers de quartz et feldspaths - polyédrique moyen peu à non structuré - C_s dur, C_t collant, plastique - macroporosité moyenne - microporosité moyenne - limite brutale, régulière.
- B₂₂ 100 - 150 cm : 5 YR 5/6.5 (sec), 2,5 YR 4/6 (humide), pas de revêtements argileux, couleur mate - argilo-sableux (35 % d'argile) avec sables grossiers - massif et particulière avec sous-structure pulvérulente, liaison faible - C_s peu dur, C_t peu collant, peu plastique - macroporosité faible, microporosité très forte.
- II C₁ 150 - 170 cm : granite altéré, pas de graviers semi-roulés entre B et C.

Observations : 200 m plus loin, présence de graviers semi-roulés entre B et C, lisses, jaunes, de 4 à 5 cm³.

- On observe d'assez nombreux feldspaths non décomposés.
- Difficile de savoir la nature de la roche mère.
- Le profil à B 21 et B 22 est analogue à certains sols ferrugineux fersiallitiques profonds. Ici peu de différence nette entre B 21 et B 22.

Type de sol : sol ferrallitique (faiblement ferrallitique) ; variante : à revêtements argileux.

Echant.	Profond. cm	Terre fine %	Sables grossiers %	Sables fins %	Limons %	Argile %	Humidité équiv. %	Matière org. %	C %	N %	C/N
I 51	0-20	92	52	38	3	5	5	0,3	0,2	0,02	10
52	60-80	91	39	31	7	22	12	0,3	0,2	0,02	10
53	130-140	91	32	24	6	35	16	0,3	0,2	0,03	6,7

Bases échangeables mé/100 g terre						S/T %	P ₂ O ₅ total ‰	pH eau	pH KCl N
Ca	Mg	K	Na	S	T				
1,3	0,5	0,1	0,2	2	4	55	0,01	6,6	5,7
1	2	0,1	0,3	3	6	50	0,04	5,3	4,2
3	2	0,1	0,3	5	8	68	0,06	5,7	4,8

SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	K _i	K _r	Fer libre %	Argile I 52 et I 53
3	2	1	2,5	1,9	0,2	kaolinite un peu d'illite. traces de goethite.
11	9	2,5	2	1,7	0,7	
17	13	3	2,2	1,9	1	

Profil E 19

Région : Bas-Jaguaribe-Jaguaruana, rive gauche, bas de pente, bordure des alluvions.

date : 20/9/63

noms : Guichard, Marques

Pluviométrie : 700 mm. Roche mère : série Barreira/gneiss.

Végétation : Pau branco dominant.

Géomorphologie : 2 A à 1 A, bordure des alluvions, petites bosses, pente 2 %, altitude 20 m.

Drainage : D_e D_i moyent à lent.

Divers : lit de galets de quartzite et quartz, opaques, 5-10 cm³, sur le sol, coupe de carrière.

Profil :

- A₁ 0 - 30 cm : 5 YR 3/4 (sec), 3/2 (humide) - peu humifère - non calcaire - sans taches - sableux à sablo-argileux à sables grossiers et graviers ; nombreux graviers roulés de 2 à 5 cm³ (parfois plus gros, galets) - massif non structuré - C_s meuble, C_t peu collant, peu plastique - pas de revêtements argileux - sec-limite irrégulière diffuse.
- B₂ 30 - 80 cm : 2,5 YR 4/6 (sec et humide), couleur vive et mate - non humifère - non calcaire - sans taches - argileux, avec nombreux galets et graviers analogues (pas de lits sableux hétérogènes) - massif, non structuré (plus loin, fines fentes), sous-structure polyédrique fine 1 cm³ - C_t peu collant, plastique - macroporosité importante - limite irrégulière diffuse (horizon argileux, structuré par places).
- B_{3g} 80 - 170 cm : 10 R 4/6 et 5 YR 5/6 (sec), horizon tacheté (plinthite), couleurs vives et mates, taches rouges et beiges, larges, orientées horizontalement - texture analogue avec galets - C_t peu collant, plastique - sous-structure idem (pas de revêtements argileux dans tous les horizons) - limite régulière et ondulée à distincte.
- II C_{1g} 170 - 370 cm : 10 YR 8/6 (sec), couleurs vives et mates, grandes plages de couleur ocre-jaune et rouille plutôt orientées verticalement - altération du gneiss profonde (au moins 2 m), pas de galets, filons de la roche verticaux bien visibles et quartz en place émoussés à anguleux (différents des galets) - pas de revêtements argileux - C_t non collant (« talqueux »), peu plastique - argilo-sableux avec sables grossiers, quartz et feldspath non décomposés - non calcaire.

Observations : — altération profonde du gneiss, différente de celle, courte, sur les paléoglacis, mais qui ne va pas jusqu'à la production d'un B, due à la proximité de la nappe alluviale.

— profil complexe.

Type de sol : Sol ferrallitique ; variante hydromorphe (complexe, bigénétique).

Echant.	Profondeur (cm)	Terre fine (%)	Sables grossiers (%)	Sables fins (%)	Limons (%)	Argile (%)	Humidité équiv. (%)
E 192	50- 70	61	12	19	6	59	24
193	130-150	51	8	20	7	62	24
194	230-250	88	36	35	18	10	28

Bases échangeables mé/100 g de sol						S/T (%)	P ₂ O ₅ total ‰	pH eau	pH KCIN	Na/T (%)
Ca	Mg	K	Na	S	T					
3	3	0,5	0,2	7	12	60	0,07	5,7	4,4	
2	3	0,2	0,3	5	11	45	0,07	4,4	3,9	
5	22	0,2	12	40	40	100	0,02	4,1	3,3	30

SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	K _t	K _r	Fer libre %
26	22	12	2	1,5	6
29	24	13	2	1,5	6,7
31	12	8	4,2	3	2

Profil D 17

Région : Quixada (Muxiopo), limite du bassin sur la voie ferrée, km 2 de Muxiopo.

date : 13/12/63

noms : Guichard, Juracy.

Pluviométrie : 750 mm. Roches mères : série Barreira/gneiss.

Végétation : arbustive dense et champ de coton - Mofumbo (Combretum) - Jurema preta - Mandacaru - Sabia - Catingueira - Juazeiro et Carnauba.

Géomorphologie : 2 A, point haut de la pénéplaine - couverture Barreira sur socle cristallin - plus loin, surface de contact (mares et nappes de galets en surface) - pente 2%, dénivelée très faible (10 m) avec les surfaces cristallines en contrebas - altitude 190 m.

Drainage : D_e lent, D_t moyen haut, très lent en profondeur.

Divers : plus loin, galets sur le sol. Profil de coupe de voie ferrée, sec.

Profil :

A₁ 0 - 25 cm : 5 YR 4/6 (sec), 4/6 (humide), 6/8 (écrasé sec), sans taches - peu humifère - non calcaire - sableux, (5-10% d'argile) - particulaire - C_s peu dur, C_t non collant, non plastique - macroporosité importante, microporosité rapide - pas de revêtements argileux - sec.

B₂ 25 - 160 cm : 2,5 YR 4/6 (sec), 3/6 (humide), 5/8 (écrasé sec) - pas de taches - ni calcaire - argileux (45 %), quelques graviers de quartz de 1/2 à 1 cm³ - polyédrique grossier à massif, peu à pas de fentes, ni concrétions, cohérent, revêtement argileux abondants - C_s peu dur à dur, C_t collant, plastique - macroporosité peu abondant, microporosité moyenne.

B₃ 160 - 270 cm : carapace assez durcie, jaune et rouille, contenant de nombreux galets de quartz de la base de la série Barreira.

II C 270 - 320 cm : carapace durcie (à cuirasse) rouge foncé, ocre-jaune, sans galets, avec « schistosité » du gneiss visible.

Observations : sol polygénétique et complexe, ancien.

- revêtements en B₂ sur horizon d'un matériau arénite.
- cuirasse à cheval sur les deux roches mères.
- noter la position haute dans le modelé.

Types de sol : sol ferrallitique (variante, à revêtements et cuirasses), complexe.

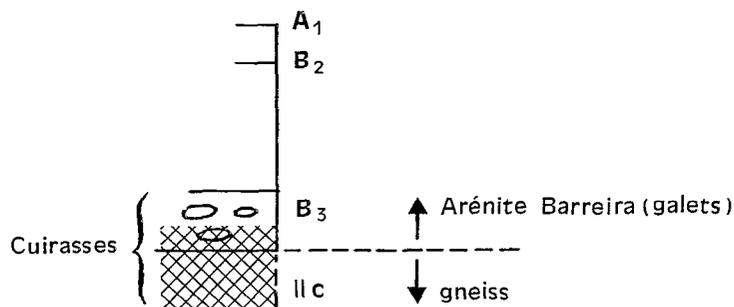


FIG. 9.

Profil K 5

Région : Bas-Jaguaribe, « chapada do Apodi ». Tabuleiro do Norte - Mossoro, km 43. date : 30/9/63
 noms : Guichard, Marques

Pluviométrie : 650 mm, Roche mère : calcaire dur (Jandaíra supérieur).

Végétation : arbustive à faiblement arborée, dense à très dense, *Jurema preta* - *Freijorge* - Imburana (*Bursera leptoflocos*) - Pereiro (*Aspidosperma pirifolium*) - Catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*) - Mofumbo (*Combretum*) - Marmeleiro (*Croton hemiargyreus*) - Macambira - Bamburral (*Hyptis suaveolens*).

Géomorphologie : 1 B, plateau horizontal - pente nulle - réseau hydrographique nul - érosion nulle - altitude 100 m.

Drainage : D_e lent à très lent, D_i imparfait.

Divers : pas de cailloux, ni fentes, nombreux gravillons ferrugineux sur le sol 2 à 5 mm³, ronds, lisses, bruns.

Profil :

A₁ 0 - 12 cm : 7,5 YR 4/4 (sec), 3,2 (humide), 5/6 (écrasé sec), couleur mate, assez vive, pas de taches - peu humifère - non calcaire - nombreuses concrétions (Fe, Mn), 3-4 mm³, ronds, lisses, bruns, 40 % de la masse, pas de revêtements argileux - argileux, quelques éléments grossiers - polyédrique fin à nuciforme ou grumeleux, sous-structure pulvérulente ; liaison des agrégats faible, pas de fentes - ni slickensides » - C_s meuble, C_t peu collant à collant, plastique - microporosité moyenne à forte, pas de gros pores - racines nombreuses, fines, jusqu'à 50 cm et quelques grosses de 2 à 3 cm jusqu'à 50 cm - sec - limite irrégulière, graduelle.

B₁ ou B₂

12 - 90 cm : 5 YR 5/8 (sec), 4/6 (humide), 7,5 YR 5.6/8 (écrasé sec) - non calcaire - concrétions idem - le reste idem.

Observations : sol décalcarifié.

Type de sol : sol ferrallitique à concrétions sur calcaire.

Echant.	Profondeur cm	Terre fine %	sables grossiers %	Sables fins %	Limons %	Argile %	Humidité équival. %	Matière org. %	C %	N %	C/N
K 51	0-15	75	28	24	12	35	20	2,5	1,5	0,1	15
52	50-70	74	20	17	5	56	20	0,8	0,5	0,03	16

Bases échangeables mé/100 g terre						S/T %	P ₂ O ₅ total ‰	pH cau	pH KCIN
Ca	Mg	K	Na	S	T				
10	3	1,5	0,3	15	17	90	0,06	7,2	6,2
6	3,5	0,06	0,3	10	14	72	0,03	6,9	5,6

SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	K _t	K _r	Fer libre %
22	19	12	2	1,4	3,5
28	22	11	2	1,6	4

Profil E 18

Région : Bas-Jaguaribe, Aracati-Jaguaruana, km 27.

date : 19/9/63

Pluviométrie : 750 mm. Roche mère : alluvions

noms : Guichard, Marques

Végétation : quelques Carnauba, tapis herbacé discontinu de Capim de burro (*Cynodon dactylon*).

Géomorphologie : 1 A - pente nulle - altitude 10 m, érosion faible, par places, les alluvions sont érodés jusqu'à 2 m de profondeur.

Drainage : lent.

Divers : pas de pierres - fentes en surface de 1 à 3 cm de large, formant un réseau polygonal de 40 cm de diamètre, subdivisé en réseau à mailles plus fines. En surface, pellicule de 1 à 2 cm d'épaisseur, fendue, assez argileuse.

Profil :

A₁₁ 0 - 35 cm : 10 YR 5.5/4 (sec), 10 YR 3/3 (humide) de 0-5 cm.

10 YR 3/2 (sec) - 10 YR 3/3 (humide) de 5 à 35 cm.

Pas de taches - non calcaire - peu humifère - limite très imprécise - argileux à très argileux - polyédrique grossier à angles vifs, présence de « slickensides » - C_s très dur, C_t collant, plastique - microporosité faible - fentes jusqu'à 35 cm - racines peu visibles - sec - limite distincte, irrégulière.

A₁₂ 35 - 80 cm : 2,5 YR 3/2 (humide), sans taches - non calcaire - argileux à très argileux - massif - consistance à l'état humide friable, C_t collant, plastique à très plastique - microporosité faible, frais - présence de « slickensides ».

Observations : pas de structure grumeleuse en surface, les agrégats ne forment pas d'angle par rapport à l'horizontale.

Type de sol : sol halomorphe, salin, salé à alcali (analogue à un vertisol hydromorphe).

Echant.	Profondeur cm	Terre fine %	Sables grossiers %	Sables fins %	Limons %	Argile %
E 181	0-20	100	0,4	24	32	44
182	70-80	100	0,5	26	18	56

Bases échangeables mé/100 g terre						S/T %	pH eau	pH KCIN	conduct. mmhos/cm	Na/T %
Ca	Mg	K	Na	S	T					
10	9	0,4	1,2	21	22	94	6	4,2	1	5,5
8	7	0,3	17	32	33	96	6	5	4,7	51

Profil J 7

Région : Bas-Jaguaripe, Potiretama - Alto Santo, km 14.

date : 26/7/63

noms : tous les pédologues.

Végétation : arbustive haute comprise entre la « caatinga » et le « sertoão ».

Pau Branco (*Auxemma oncocalyx*) - *Ameixa* (*Ximena americana*) - *Sabia* (*Mimosa caesalpiniaefolia*) - *Jurema preta* - *Catingueira* (*Caesalpinia pyramidalis*) - *Marmeleiro* (*Croton hemiargyreus*) - *Angico* (*Piptadenia*) - *Mofumbo* (*Combretum*) - *Velame* (*Croton campestris*).

Géomorphologie : à la limite de 2 modelés, 2 A et 2 B, fin du plateau vestige Açú sur pente de 2% - zone de contact avec le socle cristallin - altitude 100-200 m - érosion en nappe.

Drainage : D_e moyen, D_i rapide à très rapide en haut du profil ; nul au fond.

Divers : pas de cailloux, ni fentes.

Profil :

A₁ 0 - 5 cm : sable de 1/2 mm et sables fins, quelques grains de 1-2 mm - peu humifère - analogue au 2° horizon.

A₂₁ 5 - 60 cm : 10 YR 7/2 (sec), 7,5 YR 4/2 (humide), sans taches - non humifère - non calcaire - sableux - particulière - très poreux - C_s meuble, C_t non collant, non plastique - racines assez abondantes fines et grosses - sec - horizon « lessivé » ; non cendreuse.

A₂₂ 60 - 90 cm : 10 YR 7/1 (sec), 7/3 (humide) - pas de matière organique - ni taches - ni calcaire-sableux plus grossier ; moins de sables fins et plus de graviers de 2-5 mm - particulière - très poreux - consistance idem - sec - peu de racines.

A₂₃ 90 - 100 cm : plus blanchi - pas de racines - limite brutale.

II B 100 - 120 cm : 7,5 YR 4/2 (sec, humide) - non calcaire - paraît assez argileux (30 %) - polyédrique - C_s très dur, C_t peu collant, peu plastique - sec.

Observation : structure en colonnettes peu visibles.

l'horizon B forme un plancher très dur ; A est très épais.

Type de sol : solonetz solodisé (non salé ni alcali).

Echant.	Profondeur cm	Terre fine %	Sables grossiers %	Sables fins %	Limons %	Argile %
J 71	0-20	93	57	36	2	5
72	100	94	49	30	4	17

Bases échangeables mé/100 g terre						S/T %	pH eau	pH KCIN	conduc. mmhos/cm	Na/T %
Ca	Mg	K	Na	S	T					
1,5	0,4	0,3	0,04	2	3,4	65	5,9	5	0,3	1,2
4	3	0,6	0,4	8	8	100	6,2	4,7	0,2	5

Région : Quixeramobim - Senador Pompeu, km 12.

date : 21/12/63

Pluviométrie : 700 mm, Roche mère : granite porphyroïde, acide, à gros feldspaths

noms : Guichard, Juracy

Végétation : arbustive dense et plages sans arbres, avec prairie de gazon ras. Mofumbo (Combretum) - Pau branco - Mandacaru (Cereus Jamacaru) - Marmeleiro (Croton hemiargyreus) - Pereiro (Aspidosperma pirifolium) - Sabia (Mimosa) - Velame (Croton campestris).

Géomorphologie : 2 A à 2 B, très mollement ondulé, ici zone basse, petit val - pente nulle - altitude 200 m.

Drainage : D_e lent, D_i très lent en profondeur.

Divers : ni fentes, ni pierres en surface - par places, affleurements de granite sous forme de dos d'éléphant. Dans cette région, le voyageur a l'impression d'être sur des terres sableuses, ce qui est vrai pour l'horizon supérieur seulement.

Profil :

A_{2g} 0 - 30 cm : 10 YR 6/3,5 (sec), 4/2 (humide), quelques taches rouille le long des racines - très peu humifère - non calcaire - sableux à sables fins, peu de sables grossiers, quartz blancs de 1 à 1,5 mm - particulaire - microporosité forte - C_h meuble, C_i non collant, non plastique - racines nombreuses de 0 à 5 cm - frais de 0-10 cm sec ensuite - limite régulière.

B_g 30 - 50 cm : 10 YR (sec et humide), taches rouille à brunes - non calcaire - sableux à nombreux sables grossiers 2-4 mm (5-10% d'argile) - structure en colonnettes avec sommets arrondis très nets - C_s dur (compact), C_t non collant, non plastique - peu de racines - microporosité moyenne à lente, peu à pas de pores - sec.

Observations : pas de cailloux semi-roulés entre A et A, structure en colonnettes bien visible, cet horizon B correspond au « natric horizon ».

Type de sol : sol halomorphe, solonetz solodisé (tendance à alcali).

Echant.	Profondeur cm	Terre fine %	Sables grossiers %	Sables fins %	Limons %	Argile %	Humidité équiv. %	Matière org. %	C %	N %	C/N
I 131	0-20	97	22	69	1	6	6	0,8	0,5	0,06	8
132	30-50	97	34	52	1	12	8	0,3	0,2	0,02	10

Bases échangeables mé/100 g terre						S/T %	P ₂ O ₅ total ‰	pH eau	pH KCIN	conduc. mmhos/cm	Na/T %
Ca	Mg	K	Na	S	T						
1	0,5	0,3	0,3	2	3,3	60	0,02	6,2	5	0,4	3
2	1	0,02	1	4	7	55	0,02	6,4	4,8	1,4	14,2

	sels solubles mé/100 g			
	Cl	SO ₄	CO ₃	Na
I 132	0,2	0,1	0,07	0,3

Profil I 3

Région : Quixada - Quixeramobim, km 24

date : 16/12/63

Pluviométrie : 700 mm, Roche mère : colluvio-alluvions.

noms Guichard, Juracy

Végétation : arbustive peu dense avec plages sans arbres.

Jurema preta (*Mimosa acustistipula*) - Carnauba - Mofumbo (*Combretum*) - Velame (*Croton campestris*) - Pau branco (*Auxemma oncocalyx*) - Marmeleiro (*Croton hemiargyreus*).

Géomorphologie : limite de 1 A, bordure de zone alluviale - pente 3 % - altitude 200 m.

Drainage : D_e rapide à moyen, D_t lent à très lent.

Divers : pas de cailloux, ni fentes - ressemble à « naga » du Tchad.

Profil :

A₁₁ 0 - 5 cm : 10 YR 7/2 (sec) - peu humifère - sans taches - non calcaire - sableux à sables fins et 20 % de sables grossiers, grains non vêtus, quelques quartz rouille - matière organique non mélangée avec le sable - particulaire - C_s meuble, C_t non collant, non plastique - racines très nombreuses - sec - limite brutale, régulière.

A₁₂ 5 - 20 cm : 10 YR 6/3 (sec) idem - peu de racines.

A₂ 20 - 25 cm : 10 YR 7/2 (sec) idem - pas de racines.

B₀ 25 - 35 cm : 10 YR 4/2 (sec et humide) - non calcaire - taches rouille vagues-sableux avec grains de feldspaths et quartz - structure en colonnettes en haut et cubique en bas, sommet des unités structurales arrondis et réseau de fentes très nettes, sables collés à partie supérieure des calottes et dans les fentes bouchées - C_s très dur, C_t peu collant, peu plastique - sec - microporosité faible, macroporosité nulle.

Observations : sels solubles : ClNa.

Type de sol : sol halomorphe, solonetz solodisé (à alcali, tendance salé à alcali).

Echant.	Profondeur cm	Terre fine %	Sables grossiers %	Sables fins %	Limons %	Argile %
I 34	25-35	97	43	36	1	21

Bases échangeables mé/100 g terre						S/T %	P ₂ O ₅ total ‰	pH eau	pH KCl N	Conduc. mhosm/cm	Na/T %
Ca	Mg	K	Na	S	T						
1	5	0,1	2	8	10	80	0,01	6,5	5,3	3	20

Sels solubles mé/100 g					
Cl	SO ₄	CO ₃	Ca	Mg	Na
0,7	0,3	0,3	0,15	0,07	1

Région : Iguatu, proche d'une ferme sur la « chapada » de Moura.
à 6 km de la route Iguatu - Lima Campos

date : 2/7/65

noms : Guichard José Maria

Pluviométrie : 700-750 mm, Roche mère : colluvions de série détritique Moura.

Végétation : arbustive, « caatinga » - Jurema preta (Mimosa acutistipula) - Mofumbo (Combretum leprosum) - Marmeleiro (Croton hemiargyreus) - Canafistula (Cassia sp.) - Aroeira (Astronium urundeuva).

Géomorphologie : 2 A, très peu ondulé - sur pente, 1-2 % - altitude 200-250 m.

Drainage : D_i moyen à lent, D_e moyen à rapide, érosion en ravines.

Profils

- A_{1g} 0 - 5 cm : 10 YR 6/4 à 5/3 (humide) - très peu humifère - sableux (5 % d'argile) à sables fins - massif, particulaire - microporosité moyenne - C_h meuble à friable, C_i non collant, très peu plastique - frais - taches vagues jaunâtres - limite abrupte, régulière.
- A_{2g} 5 - 25 cm : 10 YR 5/3 (humide), taches rouille et jaunes vagues dans la partie supérieure et le long des racines - sableux (5-10 % d'argile), analogue - limite diffuse à graduelle.
- B_{21g} 25 - 60 cm : 10 YR 5/3 à 5/6 (humide), nombreuses taches rouille - sablo-argileux (25-30 % d'argile) - massif à particulaire - microporosité moyenne - C_h friable, C_i peu collant peu plastique à plastique - très frais à humide - limite graduelle, régulière.
- B_{22g} 60 - 90 cm : beige - argilo-sableux à sable grossier - massif, particulaire - microporosité moyenne à lente - C_h friable, C_i peu collant, plastique - très frais à humide.
- B_{23g} 90 - 100 cm : sables grossiers et galets - taches peu nettes.

Observation : racines jusqu'à 60 cm de profondeur - non calcaire.

Type de sol : sol hydromorphe peu humifère à pseudo-gley.

Echant.	Profond. cm	Terre fine %	Sables grossiers %	Sables fins %	Limons %	Argile %	Humidité equiv. %	Matière org. %	C %	N %	C/N
O 161	0-5	98	20	69	2	5	6	0,7	0,4	0,04	10
162	5-25	96	32	54	5	7	6	0,1	0,09	0,02	4,5
163	30-50	97	32	36	5	26	14				
164	70-80	89	39	27	4	29	15				

Bases échangeables mé/100 g terre						S/T %	P ₂ O ₅ total ‰	pH eau	pH KCl N
Ca	Mg	K	Na	S	T				
0,8	0,8	0,1	0,2	1,9	4	47	0,01	5,4	4,1
0,8	1,7	0,06	0,2	2,7	4	70	0,01	5,5	4,2
1,6	4,2	0,1	0,2	6	8,5	70	0,02	5,7	4,3
2,2	3,6	0,2	0,2	6,3	9,4	67	0,02	5,8	4,5

II. REMARQUES SUR LA POSITION DE CERTAINS DES SOLS DU JAGUARIBE DANS LA CLASSIFICATION

Bien que le nombre des profils observés et analysés soit insuffisant, on peut cependant faire les remarques suivantes :

COMPARAISON DES SOLS SUR SOCLE « DIT FERRUGINEUX FERRIALLITIQUES » DU JAGUARIBE AVEC LES SOLS ROUGES JAUNES
PODZOLIQUES DES ETATS DE RIO ET DE SAÕ PAULO (RED/YELLOW PODZOLIC).

Les caractéristiques morphologiques essentielles sont transcrites telles qu'elles sont données par les auteurs. Les caractéristiques physico-chimiques sont puisées dans les tableaux d'analyses des divers profils cités.

RIO	SAÕ PAULO
Profondeur variable de 2 à 3 m.	
A sableux B haute teneur en argile.	Grande différence de texture entre A et B. Argile B/A > 2.
Transition graduelle à claire entre les horizons	
Sous-horizons distincts	Présence d'un sous-horizon A ₂ (pas toujours)
B à structure en blocs subangulaires à angulaire fortement développée	
Revêtements colloïdaux sur les unités structurales.	Revêtements forts à abondants. Porosité faible de B.
Marbrures des horizons B et C	
Augmentation du Silt à partir du sous-horizon B ₃	

Rio	SAO PAULO
	<i>Argile</i>
A = 10 à 25 B = 35 à 65	A = 13 à 15 B = 40 à 55
	B/A=2
	<i>Silt</i>
A = 7 à 15 B = 7 à 40 C = 30	B = 4 à 7
	<i>T acétate NH₄</i>
T souvent plus élevé en C pour moins d'argile indiquant une variation du type d'argile.	A ≠ B ≠ 7 mé.
	<i>V %</i>
Variable = 10 à 70 ?	A = 20 à 60 B = 15 à 40
	<i>pH eau I/I</i>
A ≠ B ≠ 4,5 à 6 Varie de moins de une unité dans le profil.	A ≠ B ≠ 4,1 à 5,4
	M.O. # 2 % C/N # 10 à 13
Fe ₂ O ₃ total augmente avec la profondeur.	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ # 2 à 2,2 SiO ₂ /R ₂ O ₃ # 1,7.

Pour les sols du Ceara, par contre, on peut noter comme différences :

- une profondeur généralement faible : 50 à 100 cm.
- pas d'horizon A 2.
- marbrures généralement absentes en B, quelquefois visible en C.
- $V > 70$ % mais obtenu par H échangeable à l'acétate de calcium au lieu de la différence T-S à l'acétate d'ammonium.
- pH entre 5,3 et 6.
- M. O. de 0,8 à 1,5 % en surface
- C/N 10

Notons, enfin, qu'on ne rencontra jamais de concrétions ferrugineuses.

COMPARAISON DES SOLS DU CEARA INTERGRADES VERTISOLS-FERRUGINEUX FERRIALLITIQUES AVEC LES SOLS « MEDITERRANEENS »
DE RIO ET DE SAO PAULO

Rio : rouge jaune	SAO PAULO : jaune rouge
Epaisseur d'environ 1 m.	Profil normalement peu épais.
Transition claire entre les horizons	
A de couleur foncée et de structure granulaire modérée à bien développée	
B à structure angulaire bien développée et structure prismatique composée des éléments précédents.	B à structure subangulaire très développée ; les vieilles coupes montrent la structure prismatique faiblement développée, mais de grande taille. Elle se détruit en blocs angulaires à subangulaires - quelques fentes.
Coloration vive brune rougeâtre ou rouge sombre.	B rouge contrastant vivement avec A sombre et C souvent ocre.
Grande variation de couleur quand pulvérisé = 0,5 à 5 unités en valeur et 1 à 4 en chromas.	Variation de couleur d'au moins 2 unités en chroma entre la motte sèche et la motte humide.
Revêtement argileux sur les surfaces de contact des éléments de la structure.	Revêtements forts à abondants des agrégats qui composent la structure.
Dur à très dur quand sec Plastique et collant quand mouillé	
C parfois absent ou simple transition entre B et D.	

RIO	SAÕ PAULO
	<i>Argile</i>
B/A = 1,6	B/A = 1,2 à 1,5 A = 35 B = 50 à 70
	<i>Silt</i>
B = 8-20 C = 1,5 à 2 % C/N # 9	B = 12 à 15 C = 1,5 à 2 % C/N # 9
	<i>T Acétate NH₄</i>
A = 20 à 26 B = 15 à 25	A = 11 à 27 B # 13
	<i>V %</i>
A = 90 à 100 B = 80 à 100	A = 50 à 90 B = 70 à 90
	<i>pH</i>
6 : variations faibles dans le profil.	5,5 à 7.

Dans les sols du Ceara, par contre, on peut noter :

- une variation souvent moins caractéristique de couleur entre A et B sans doute due à des teneurs plus faibles en matière organique.
- une structure prismatique rarement bien visible
- des capacités d'échange souvent plus élevées
- V 90 % mais avec H (acétate Ca) au lieu de T - S (acétate NH₄)

Les ressemblances seraient plus nettes avec ceux de Rio que de Sao Paulo. Notons, enfin, qu'on ne rencontre jamais de concrétions ferrugineuses.

S O L S
CARACTÉRISTIQUES AGRÉOLOGIQUES

UNITÉS CARTOGRAPHIQUES	ROCHES MÈRES	FORMES DU RELIEF	TYPES		S O L S			
			DOMINANTS	SECONDAIRES	DES TERRES	UTILISATION ACTUELLE	SUGGESTIONS	
1 - TERRES LOURDES	Alluvions Argilites, marnes, calcaires (grès calcaires, calcaires schistes, marnes dans le Bas Jaguaribe) Roches basiques (amphibolites, diorites, gabbros) Ectinites Calcaire supérieur Jandaira Apodi	1A - Planes basses	Halomorphes Peu évolués d'apport (sableux, argilo-limon-sableux, limono-argileux)	Hydomorphes, vertisols topomorphes (taches d'halomorphes)	TERRES LOURDES	Argileuses, salées, mares par places Chimiquement riches mais souvent à mauvais drainage interne. Plus légères sur bourrelets de berge et à l'amont des rivières. Bas Jaguaribe : souvent structure compacte et sol nu.	Sol nu Localement agriculture intensive, parfois avec irrigation et fruitiers, souvent coton moco, maïs, haricots et pâturage semi extensif. Oiticica : un peu de riz, pas de jachère ni fumure. Cariri : canne à sucre et babaçu. Bas-Jaguaribe : carnauba naturel et cultures de dérivés dans le lit mineur, avec taches de sols non utilisés	Polder (2 ^e urgence) Terres irrigables, à <i>assainir</i> , agriculture intensive et fruitière, éviter coton moco, riz sur terres lourdes et cultures fourragères, améliorer la structure (fumure, mécanisation)
		1A - Planes à très légèrement ondulées	Vertisols lithomorphes	Peu évolués, d'érosion hydomorphes, peu évolués d'apport		A argiles expansives (et sables, sols érodés dans le Bas-Jaguaribe) ou à argiles peu expansives et terres peu épaisses	Terres non irriguées, coton moco, maïs, haricots. Pâturage semi extensif, sans fumure, rarement jachère (courte). Bas-Jaguaribe : parfois caatinga peu dense et sol nu	Irrigation (2 ^e urgence)
		1B - Plateau horizontal	Vertisols lithomorphes et Inter. vert.-ff. Ferrallitiques à concrétions et cuirasses	Vertisols lithomorphes, minéraux bruts d'érosion		Avec assez bonne structure	Terres peu cultivées, caatinga peu dense et sol nu Caatinga dense, peu cultivées, <i>bon rendement du coton moco</i>	Conservation des sols (reboisement) Agriculture sèche améliorée (coton), mécanisation, fumure
2 - SOLS FERRALLITIQUES	Arénite supérieure Araripe Arénite inférieure Araripe, formation Iguatu, vestiges sableux, série détritico Barreira Arénite et vestiges d'arénite Arénite siliceuse et conglomératique de Serra Grande Série détritico siliceuse Série détritico et dunes fixées Série détritico et affleurements de migmatites Arénite et éboulis d'Araripe (taches de marnes et calcaire Santana) Arénite siliceuse et conglomératique de Serra Grande	1B	Ferrallitiques	Ferrallitiques à peu évolués d'apport	SOLS FERRALLITIQUES (LATOSOLS)	Typiques. Bonne structure, bon drainage, mais rétention faible et chimiquement pauvres. En position haute	Mata vers Crato et <i>caatinga dense</i> , agriculture de terres légères, manioc, ananas, pâturage extensif, jachère longue, pas de fumure Caatinga dense, manioc, arachide, sisal (parfois coton, maïs, haricots), jachère longue	Agriculture sèche, améliorée, mécanisée, fumure, rotation des cultures Irrigation (2 ^e urgence) et analogue à 211
		2A et 1B	Ferrallitiques	Ferrallitiques à cuirasses		Idem et avec cuirasses peu étendues au bord des plateaux Araripina, Arneiroz : terres très sèches et avec beaucoup de cuirasses	Idem 211 (sans mata), seulement manioc	Idem 211
		1B à 2A	Ferrallitiques à peu évolués d'apport	Ferrallitiques à cuirasses		Très légères et à faible capacité de rétention	Caatinga basse, manioc	Agriculture mécanisée, arachides, fumure
		1B	Peu évolués d'apport	Ferrallitiques à raies, peu évolués d'apport		Très légères, siliceuses, très pauvres chimiquement	Couverture de graminées rares et caatinga dense en bouquet, pâturage extensif	Pas de cultures à pâturage extensif
		2A - Très légèrement ondulées	Ferrallitiques	Paléosols à plinthite, solonetz solodisés. Int. vert.-ff., vertisols, hydromorphes		Idem 21 mais plus sèches et avec sable blanc, cohésion très faible	<i>Caatinga dense</i> , caju dans les pentes, sisal	Irrigation (2 ^e urgence), agriculture sèche, améliorée
		Eboulis	Ferrallitiques à peu évolués d'apport Ferrallitiques, ferrallitiques à peu évolués d'apport Ferrallitiques à carapaces	Ferrallitiques à taches, peu évolués d'érosion (taches de vertisols litho.) Ferrallitiques à carapaces		Les sables conservent l'eau car cristallin à faible profondeur, terres hautes par rapport aux rivières	Très cultivées près de Morada Nova sur les sables : maïs, coton, haricots, arachides ; sur les surfaces de contact : caatinga et pâturage extensif	Agriculture sèche, améliorée, conservation des sols
3 - SOLS FERRUGINEUX FERRALLITIQUES	Migmatites (gneiss) Fetinites (schistes, migmatites, séricito-schistes) Roches basiques, Migmatites (pegmatites) Migmatites Migmatites, migmatites granitiques à granites Migmatites à granites	2A	Épais	B textural/B latossolique, tendance à ferrallitiques	TERRES MOYENNES (épaisseur, propriétés physique et chimique)	Profondes (jusqu'à 4 m) en position haute ou en pied de montagne	Analogue à 331, Caririçu : polyculture intensive et fruitiers. Pereiro : très cultivé	Idem 331
		3A - Très ondulées avec réseau hydro-orienté ; 4. Montagneux (et collines) - C très érodé	Tronqués (et résiduels) profils B ₂ C à AC	Inter. vert.-ff., peu évolués d'érosion		Épaisseur de 1 m en moyenne	Pas de cultures, caatinga peu dense et sol nu (tendance Sertaõ)	Conservation des sols (reboisement)
		Généralement 3A et 4, parfois 2A-2B ou 3B	Moyens (1 m)	Inter. vert.-ff., sols ff à taches, hydromorphes, minéraux bruts (roches)		Moins épaisses, fort relief	Agriculture extensive, <i>coton moco, maïs, haricots</i> , zone typique du moco, jachère moyenne, pas d'irrigation ni fumure, pâturage, caatinga moyenne à dense, conservation des sols non satisfaisante dans les pentes	Amélioration de l'agriculture sèche (production de masse) avec compléments irrigués, protection des sols contre l'érosion, fumure, pâturage extensif
4 - INTER. VERT.-FF. ET PEU ÉVOLUÉS D'ÉROSION	Migmatites à granites Migmatites à granites Migmatites (parfois ectinites)	3A à 2A	Peu épais	Inter. vert.-ff., peu évolués et bruts d'érosion de roches dures	TERRES MOYENNES (épaisseur, propriétés physique et chimique)	Moins épaisses, fort relief	Caatinga dense, sans cultures	Couverture forestière
		4	Inter. vert. ff., peu évolués d'érosion	Ferrug. fersial. peu épais		Terres argileuses, peu épaisses (60 cm) et terres érodées	Caatinga moyennement dense (avec tendance Sertaõ), pâturage extensif, peu de cultures	Couverture forestière, amélioration du pâturage extensif avec compléments de fourrages des sols alluviaux, Palmes fourragères
		SURFACES INTERMÉDIAIRES - 2B à 3A, rarement 4	Inter. vert. ff., peu évolués d'érosion	Ferrug. fersial. peu épais		Terres argileuses, peu épaisses (60 cm) et terres érodées	Caatinga moyennement dense (avec tendance Sertaõ), pâturage extensif, peu de cultures	Couverture forestière, amélioration du pâturage extensif avec compléments de fourrages des sols alluviaux
5 - SOLS ÉRODÉS	Migmatites (parfois ectinites) Arénites dures conglomératiques (Crato, Triunfo). Arénites hétérogènes à galets et passées marnoschisteuses (bassins d'effondrement) Schistrid et micaschistes (rarement granites)	2B. Peu ondulées à angles vifs	A profil AC	Taches d'inter. vert.-ff. Peu évolués d'apport, minéraux bruts (roches), taches de vert. litho. Ferrug. fersial. peu épais	TERRES ÉRODÉES	Terres très peu épaisses Crato, Triunfo : nombreux affleurements de roches et sable lessivé. Bassins d'effondrement : terres érodées Terres très peu épaisses, drainage interne très lent, terres sèches	<i>Pas de cultures</i> , caatinga moyennement à peu dense, rachitique (<i>Sertaõ</i>) et graminées, pâturage extensif Caatinga moyennement à peu dense avec zones à graminées, très peu de cultures Crato, Triunfo : arachides, manioc sur sable lessivé et jachère très longue	Amélioration du pâturage extensif avec compléments de fourrages des sols alluviaux Couverture forestière, pâturage extensif
		2A et 4, parfois 3A	Inter. vert.-ff., peu évolués d'érosion, ferrallitiques	Ferrug. fersial. peu épais		Terres très peu épaisses, drainage interne très lent, terres sèches	Crato, Triunfo : caatinga dense, un peu de coton, maïs, haricots. Ailleurs caatinga plus haute, peu dense avec absence de cultures	Couverture forestière
		3B - Très ondulées avec réseau hydro très ramifié et peu orienté, parfois C et 4	Inter. vert.-ff., peu évolués d'érosion, ferrallitiques	Ferrug. fersial. peu épais		Terres très peu épaisses, drainage interne très lent, terres sèches	Crato, Triunfo : caatinga dense, un peu de coton, maïs, haricots. Ailleurs caatinga plus haute, peu dense avec absence de cultures	Couverture forestière
6 - SURFACES D'ATTERVISSEMENT	Migmatites et résidus de la série Barreira (galets) Migmatites Migmatites et granites (parfois migmatites granitiques) Diorite granitique porphyroïde à amphibole de Quixada	2A variante. Surfaces de contact.	Inter. vert.-ff., solonetz solodisés, peu évolués d'apport, ferr. fersial. peu épais, inter. vert.-ff., peu évolués d'érosion, ferrallitiques	Solonetz solodisés, peu évolués d'apport, Paléosols à taches et concrétions ferr. fersial. peu épais, inter. vert.-ff., peu évolués d'érosion, ferrallitiques	TERRES ÉRODÉES ET SOLONETZ SOLODISÉS	Terres érodées et solonetz solodisés : horizon supérieur peu épais, sableux, lessivé, meuble et horizon inférieur très compact.	Peu de cultures, caatinga moyennement dense ou en bouquet et dense sur feuille de Baturité, pâturage extensif	Pâturage extensif
		2A et B. Paléoglacis résiduels, vieilles surfaces rajeunies	Inter. vert.-ff., solonetz solodisés, peu évolués d'apport, ferr. fersial. peu épais, inter. vert.-ff., peu évolués d'érosion, ferrallitiques	Solonetz solodisés, inter. vert.-ff., peu évolués d'apport, ferr. fersial. peu épais, inter. vert.-ff., peu évolués d'érosion, ferrallitiques		Terres érodées et solonetz solodisés : horizon supérieur peu épais, sableux, lessivé, meuble et horizon inférieur très compact.	Peu de cultures, caatinga moyennement dense ou en bouquet et dense sur feuille de Baturité, pâturage extensif	Pâturage extensif
		2A en position basse	Inter. vert.-ff., solonetz solodisés	Peu évolués et minéraux bruts d'érosion (roches)		Terres érodées et solonetz solodisés : horizon supérieur peu épais, sableux, lessivé, meuble et horizon inférieur très compact.	Peu de cultures, caatinga moyennement dense ou en bouquet et dense sur feuille de Baturité, pâturage extensif	Pâturage extensif
7 - SOLS BRUTS	Granites, diorite granitique de Quixada, quartzites, parfois migmatites Dunes vives	4 : Inselbergs	D'érosion (roches)	Peu évolués d'érosion inter. vert.-ff.	TERRES BRUTES	Roches	Sol nu et caatinga peu dense, non cultivé	Pas de cultures
		Dunes vives	D'apport (dunes vives)	Peu évolués d'érosion inter. vert.-ff.		Dunes vives	Sol nu et quelques graminées	Conservation des sols (fixation des dunes)



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

zsaocmuvwxirfkbhdpqgjjt 7142385690
zsaocmuvwxirfkbhdpqgjjt 7142385690

Cette mire doit être lisible dans son intégralité
Pour A0 et A1: ABERPFLHJDOCGUW MNSZXY
zsaocmuvwxirfkbhdpqgjjt 7142385690
Pour A2A3A4: ABERPFLHJDOCGUW MNSZXY
zsaocmuvwxirfkbhdpqgjjt 7142385690

16. QUANTIN (P.). — 1965 — <i>Les sols de la République Centrafricaine</i> . 114 p.	30 F	PIAS (J.). — 1970 — <i>Contribution à l'étude des formations sédimentaires tertiaires et quaternaires de la cuvette tchadienne et des sols qui en dérivent (République du Tchad)</i> sous presse
17. LE BERRE (R.). — 1966 — <i>Contribution à l'étude biologique et écologique de Simulium damnosum Théobald, 1903</i> (diptera, simuliidae). 206 p.	50 F	
18. DEBRAY (M. M.). — 1966 — <i>Contribution à l'étude du genre Epinetrum (Ménispermacées) de Côte d'Ivoire</i> . 76 p.	25 F	
19. MARTIN (D.). — 1966 — <i>Etudes pédologiques dans le Centre Cameroun, Nanga-Eboko à Bertoua</i> . XLVI-92 p. + carte pédologique 1/50 000, 1/20 000 et 1/5 000, 11 coupures (couleur) + 2 cartes 1/400 000 + carte pédologique 1/200 000 (couleur) (1).		V. INITIATIONS/DOCUMENTATIONS TECHNIQUES (format rogné : 21 × 27, couverture verte)
20. GUILLAUMET (J. L.). — 1967 — <i>Recherches sur la végétation et la flore de la région du Bas-Cavally, Côte d'Ivoire</i> . 266 p.	60 F	H. S. HOUPEAU (J. L.), LHOSTE (J.). — 1961 — <i>Inventaire des appareils français pour l'épandage des pesticides</i> 530 p. multigr. Les cinq volumes 40 F
21. ROBINEAU (C.). — 1967 — <i>Société et économie d'Anjouan (Océan Indien)</i> . 274 p.	80 F	1. BASCOULERGUE (P.). — 1962 — <i>Notions d'hygiène alimentaire adaptées au Sud-Cameroun</i> . 31 p. 6 F
22. HALLÉ (F.). — 1967 — <i>Etude biologique et morphologique de la tribu des Gardénées (Rubiaceées)</i> . 160 p.	60 F	2. BASCOULERGUE (P.). — 1963 — <i>Notions d'hygiène alimentaire adaptées au Nord-Cameroun</i> . 44 p. 6 F
23. COUTY (Ph.), DURAN (P.). — 1968 — <i>Le commerce du poisson au Tchad</i> . 252 p.	70 F	3. BACHELIER (G.). — 1963 — <i>La vie animale dans les sols</i> . 18 × 26. 280 p. 16 F
24. HERVIEU (J.). — 1968 — <i>Contribution à l'étude de l'alluvionnement en milieu tropical</i> . 466 p.	110 F	4. SÉGALEN (P.). — 1964 — <i>Le fer dans les sols</i> . 150 p. (2). 21 F
25. ROSSIGNOL (M.). — 1968 — <i>Le thon à nageoires jaunes de l'Atlantique</i> . 118 p.	36 F	5. RUELLAN (A.), DELETANG (J.). — 1967 — <i>Les phénomènes d'échange de cations et d'anions dans les sols</i> . 124 p. ... 30 F
26. VENNETIER (P.). — 1968 — <i>Pointe-Noire et la façade maritime du Congo-Brazzaville</i> . 458 p.	120 F	6. ROTH (M.). — 1968 — <i>Initiation à la systématique et à la biologie des insectes</i> . 189 p. 20 F
27. BERTHOIS (L.), HOORELBECK (J.). — 1968 — <i>Etude dynamique de la sédimentation dans trois cours d'eau de la Guyane française : la rivière Mahury, la rivière de Cayenne et le fleuve Maroni</i> . 128 p.	40 F	7. CROSNIER (A.), BONDY (E. de). — 1968 — <i>Les crevettes commercialisables de la côte ouest de l'Afrique inter-tropicale</i> . 70 p. 25 F
28. DUBREUIL (P.), GIRARD (G.), HERBAUD (J.). — 1968 — <i>Monographie hydrologique du bassin du Jaguaribe</i> . 384 p.	140 F	8. DIDIER DE SAINT-AMAND (J.), DEJARDIN (J.). — 1968 — <i>Méthodes de fractionnement des constituants phosphorés végétaux et de correction des résultats de dosage</i> . 43 p. 13 F
29. MOREL (G.). — 1968 — <i>Contribution à la synécologie des oiseaux du Sahel sénégalais</i> . 179 p.	56 F	9. DIDIER DE SAINT-AMAND (J.), CAS (G.), LEFRANC (M. F.). — 1968 — <i>Méthodes de dosages effectuées par auto-analyse au laboratoire de Diagnostic Foliaire de l'ORSTOM</i> . 43 p. 8 F
30. BACHELIER (G.). — 1968 — <i>Contribution à l'étude de la minéralisation du carbone des sols</i> . 145 p.	44 F	10. RUAL (P.), VOITURIEZ (B.). — 1969 — <i>Modification et automatisation de la méthode de Winkler pour le dosage en mer de l'oxygène dissous</i> 8 F
31. SOURNIA (A.). — 1968 — <i>Diatomées planctoniques du Canal de Mozambique et de l'île Maurice</i> . 124 p.	44 F	11. MAIGNIEN (R.). — 1969 — <i>Manuel de prospection pédologique</i> 40 F
32. ROCHETEAU (G.). — 1969 — <i>Le nord de la Nouvelle-Calédonie. Région économique</i> . 132 p.	44 F	12. DUBREUIL (P.). — 1969 — <i>Recueil quadrilingue de mots usuels en hydrologie</i> . 113 p. 12 F
33. VÉRIN (P.). — 1969 — <i>L'ancienne civilisation de Rurutu (Iles australes-Polynésie française). La période classique</i> . 318 p.	100 F	H. S. [13] Glossaire de Pédologie. — 1969 — <i>Description des horizons en vue du traitement informatique</i> (1). 16 F
34. AUGÉ (M.). — 1969 — <i>Le rivage alladien (organisation et évolution des villages alladien de basse Côte d'Ivoire)</i> . 264 p.	80 F	14. AVENARD (J. M.). — 1969 — <i>Réflexions sur l'état de la recherche concernant les problèmes posés par les contacts forêts-savanes (essai de mise au point et de bibliographie)</i> 16 F
35. BOSSER (J.). — 1969 — <i>Graminées des pâturages et des cultures à Madagascar</i> . 440 p.	130 F	
36. BOUQUET (A.). — 1969 — <i>Féticheurs et médecines traditionnelles du Congo (Brazzaville)</i> . 282 p.	100 F	VI. TRAVAUX ET DOCUMENTS (format rogné : 21 × 27)
37. ARMÉE FRANÇAISE/ORSTOM. — <i>Nouvelles données scientifiques sur le massif de Tsaratanana (Madagascar)</i> ... sous presse		1. CANTRELLE (P.). — 1969 — <i>Etude démographique dans la région du Sine-Saloum (Sénégal). Etat civil et observation démographique</i> 24 F
38. GUILCHER (A.), BERTHOIS (L.), DOUMENGE (F.), MICHEL (A.), SAINT-REQUIER (A.), ARNOLD (R.). — 1969 — <i>Les récifs et lagons coralliens de Mopélie et de Bora-Bora (Iles de la Société)</i> . 105 p.	36 F	2. DABIN (B.). — 1969 — <i>Etude générale des conditions d'utilisation des sols de la cuvette tchadienne</i> 63 F
39. DEUVE (J.). — 1970 — <i>Serpents du Laos</i> sous presse		3. Guinée I. <i>Croisière du navire océanographique « Jean Charcot »</i> . — 1969 — <i>Hydrologie. Courantométrie. Phytoplancton</i> . 87 p. 30 F
40. GUICHARD (E.). — 1970 — <i>Les sols du Bassin du Rio Jaguaribe (Brésil)</i> sous presse		
41. MARTIN (J. Y.). — 1970 — <i>Les Matakam du Cameroun. Essai sur la dynamique d'une société pré-industrielle</i> . sous presse		VII. CARTES THÉMATIQUES
LOUIS (P.). — 1970 — <i>Contribution géophysique à la connaissance géologique du Bassin du Tchad</i> ... sous presse		Cartes imprimées en couleurs ou en noir, avec ou sans notice, à petites, moyennes et grandes échelles, concernant :

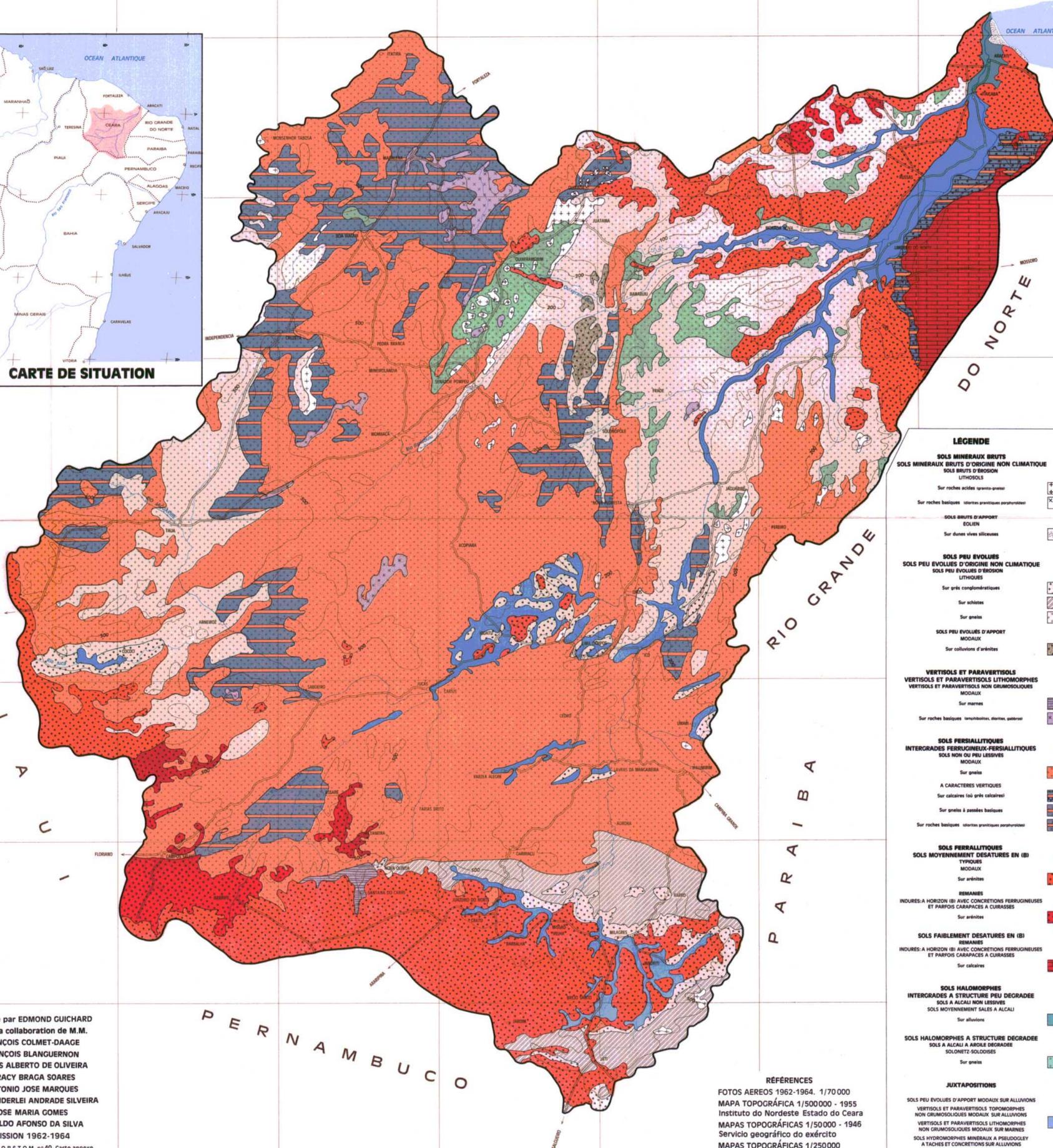
Pour la liste détaillée des publications et des cartes, les sommaires des cahiers, la collection L'Homme d'Outre-Mer, les ouvrages divers édités par l'ORSTOM, se reporter au Catalogue général des publications (obtenu sur simple demande au S.C.D. de l'ORSTOM).

(1) Ce volume ne peut être obtenu que par des organismes scientifiques ou des chercheurs contre paiement des frais d'expédition.

(2) En vente chez Gauthier-Villars, 55, quai des Grands-Augustins, Paris-VI^e.

CARTE PÉDOLOGIQUE DU BASSIN DU JAGUARIBE - CEARA - BRÉSIL

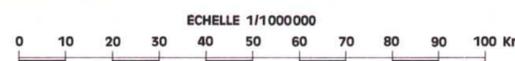
MAPA PEDOLÓGICA DA BACIA DO JAGUARIBE - CEARA - BRASIL



LEGENDE	LEGENDA
SOLS MINÉRAUX BRUTS SOLS MINÉRAUX BRUTS D'ORIGINE NON CLIMATIQUE SOLS BRUTS D'ÉROSION LITHOSOLS	SOLOS MINÉRAIS BRUTOS SOLOS MINÉRAIS BRUTOS DE ORIGEM NÃO CLIMÁTICA SOLOS BRUTOS EROSIONADOS LITOSOLOS
Sur roches acides (trappo-granite)	SOLOS BRUTOS DE TRANSPORTE PELO VENTO
Sur roches basiques (séries granitiques porphyritiques)	SOLOS BRUTOS DE TRANSPORTE PELO VENTO
SOLS BRUTS D'APPORT SOLS Sur dunes vives siliceuses	SOLOS BRUTOS DE TRANSPORTE PELO VENTO
SOLS PEU ÉVOLUÉS SOLS PEU ÉVOLUÉS D'ORIGINE NON CLIMATIQUE SOLS PEU ÉVOLUÉS D'ÉROSION LITHOQUES	SOLOS POUVO ÉVOLUÍDOS DE ORIGEM NÃO CLIMÁTICA SOLOS POUVO ÉVOLUÍDOS POUVO ÉVOLUÍDOS LITHOQUES
Sur grès conglomératiques	SOLOS POUVO ÉVOLUÍDOS DE ORIGEM NÃO CLIMÁTICA
Sur schistes	SOLOS POUVO ÉVOLUÍDOS DE ORIGEM NÃO CLIMÁTICA
Sur grès	SOLOS POUVO ÉVOLUÍDOS DE ORIGEM NÃO CLIMÁTICA
SOLS PEU ÉVOLUÉS D'APPORT MODAUX Sur collines d'arénites	SOLOS DE TRANSPORTE POUVO ÉVOLUÍDOS TÍPICOS SOLOS DE TRANSPORTE POUVO ÉVOLUÍDOS TÍPICOS
VERTISOLS ET PARAVERTISOLS VERTISOLS ET PARAVERTISOLS LITHOMORPHES VERTISOLS ET PARAVERTISOLS NON GRUMOSOLÉQUES MODAUX	VERTISOLS ET PARAVERTISOLS LITHOMORPHES VERTISOLS ET PARAVERTISOLS NÃO GRUMOSOLÉCOS TÍPICOS
Sur marnes	VERTISOLS ET PARAVERTISOLS LITHOMORPHES
Sur roches basiques (séries granitiques porphyritiques)	VERTISOLS ET PARAVERTISOLS LITHOMORPHES
SOLS FERRALLITIQUES INTERGRADES FERRUGINEUX-FERRALLITIQUES SOLS NON OU PEU LESSIVÉS MODAUX	SOLOS FERRALÍTICOS "INTERGRADES" FERRUGINOSO-FERRALÍTICOS SOLOS NÃO OU POUCO LIVAVADOS TÍPICOS
Sur grès	SOLOS FERRALÍTICOS
A CARACTÈRES VERTIQUES Sur calcaires (ou grès calcaires)	SOLOS FERRALÍTICOS
Sur grès à passées basiques	SOLOS FERRALÍTICOS
Sur roches basiques (séries granitiques porphyritiques)	SOLOS FERRALÍTICOS
SOLS FERRALLITIQUES SOLS MOYENNEMENT DESATURÉS EN (B) TYPÉES MODAUX	SOLOS FERRALÍTICOS SOLOS MEDIANAMENTE DESATURADOS EM (B) TÍPICOS
REMANES INDURÉS A HORIZON (B) AVEC CONCRÈTIONS FERRUGINEUSES ET PARFOIS CARAPACES A COURBES	SOLOS FERRALÍTICOS
Sur arénites	SOLOS FERRALÍTICOS
SOLS FAIBLEMENT DESATURÉS EN (B) REMANES INDURÉS A HORIZON (B) AVEC CONCRÈTIONS FERRUGINEUSES ET PARFOIS CARAPACES A COURBES	SOLOS FACILMENTE DESATURADOS EM (B) MODIFICADOS INDURADOS: HORIZONTE (B) COM CONCRÈÇÕES FERRUGINOSAS E AS VEZES CARAPACAS OU COIRACAS
Sur calcaires	SOLOS FACILMENTE DESATURADOS EM (B) MODIFICADOS
SOLS HALOMORPHES INTERGRADES A STRUCTURE PEU DÉGRADÉE SOLS A ALCALI NON LESSIVÉS MODAUX	SOLOS HALOMÓRFICOS "INTERGRADES" COM A ESTRUTURA POUVO DEGRADADA SOLOS COM ALCALI NÃO LIVAVADOS MODAUX
Sur alluvions	SOLOS HALOMÓRFICOS
SOLS HALOMORPHES A STRUCTURE DÉGRADÉE SOLS A ALCALI A RANGÉE DÉGRADÉE SOLONETS-SOLONCHES	SOLOS HALOMÓRFICOS SOLOS COM ALCALI E RANGÉE DEGRADADA SOLONETS-SOLONCHES
Sur grès	SOLOS HALOMÓRFICOS
JUSTAPOSITIONS SOLS PEU ÉVOLUÉS D'APPORT MODAUX SUR ALLUVIONS VERTISOLS ET PARAVERTISOLS TYPOMORPHES NON GRUMOSOLÉQUES MODAUX SUR ALLUVIONS VERTISOLS ET PARAVERTISOLS LITHOMORPHES NON GRUMOSOLÉQUES MODAUX SUR MARNES SOLS HYDROMORPHES MINÉRAUX A PÉDOLOGIE A TACHES ET CONCRÈTIONS SUR ALLUVIONS	JUSTAPOSIÇÕES SOLOS DE TRANSPORTE POUVO ÉVOLUÍDOS TÍPICOS SOBRE ALLUVIÕES VERTISOLS ET PARAVERTISOLS TYPOMORPHES NÃO GRUMOSOLÉCOS TÍPICOS SOBRE ALLUVIÕES VERTISOLS ET PARAVERTISOLS LITHOMORPHES NÃO GRUMOSOLÉCOS TÍPICOS SOBRE MARGAS SOLOS HIDROMÓRFICOS MINÉRAIS MANCHADOS COM MANCHAS E CONCRÈÇÕES SOBRE ALLUVIÕES

Dressée par EDMOND GUICHARD
 avec la collaboration de M.M.
 FRANÇOIS COLMET-DAAGE
 FRANÇOIS BLANGUERNON
 CARLOS ALBERTO DE OLIVEIRA
 JURACY BRAGA SOARES
 ANTONIO JOSE MARQUES
 JOSE VANDERLEI ANDRADE SILVEIRA
 JOSE MARIA GOMES
 GERALDO AFONSO DA SILVA
 MISSION 1962-1964
 Mémoire O.R.S.T.O.M. n° 40. Carte annexe

REFFERENCES
 FOTOS AERÉES 1962-1964. 1/70 000
 MAPA TOPOGRÁFICA 1/500 000 - 1955
 Instituto do Nordeste Estado do Ceará
 MAPAS TOPOGRÁFICAS 1/50 000 - 1946
 Serviço geográfico do exército
 MAPAS TOPOGRÁFICAS 1/250 000



**OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER**

Direction Générale

24 rue Bayard, PARIS-8^e

Scie Central de Documentation

70-74, rte d'Aulnay, 93-BONDY-FRANCE

IMP. M. BON - VESOUL
O. R. S. T. O. M. Éditeur
D.L. éditeur: 2^e trim. 1970
D.L. imp. 1563-6-70