

## PROBLÈMES MORPHOLOGIQUES COMPARÉS DES RÉGIONS SEMI-ARIDES EN AFRIQUE OCCIDENTALE ET AU BRÉSIL

### *ANALOGIES ET DIFFÉRENCES DANS LES PAYSAGES*

Les grands traits du paysage des régions soudaniennes et sahéliennes d'Afrique occidentale et de l'ensemble semi-aride du Nordeste brésilien présentent une indéniable parenté, basée tant sur l'agencement général des formes du relief que sur l'aspect du couvert végétal <sup>(1)</sup>. La monotonie d'immenses surfaces d'érosion étagées, à l'allure souvent rigide, y est rompue de loin en loin par la barrière d'un escarpement presque infranchissable par sa hauteur, sa raideur et sa continuité (voir Pl. I et Pl. II). Ces vastes étendues sont couvertes par des formations de petits arbres tordus, d'autant plus petits et d'autant plus espacés qu'on se dirige vers des régions plus sèches. Si la composition floristique est différente des deux côtés de l'Atlantique, la tonalité générale du paysage végétal est analogue.

Ces ressemblances se fondent évidemment sur deux facteurs principaux, l'un d'ordre structural, l'autre de nature climatique. L'architecture des socles brésilien et ouest-africain présente de fortes analogies. L'un et l'autre ont connu une longue stabilité. De très anciennes surfaces d'érosion ont tranché roches cristallines et racines de plis. Des couvertures sédimentaires souvent gréuses, peu dérangées, occupent de vastes surfaces et sont partiellement limitées par des escarpements grandioses. D'autre part, ces deux ensembles régionaux sont soumis l'un et l'autre à des climats tropicaux de type

<sup>(1)</sup> Un résumé de cette étude est paru en espagnol dans le tome III des publications de la *Conferencia Regional Latinoamericana*, Mexico 1966, p. 89-95. Des erreurs de traduction rendent malheureusement certains passages incompréhensibles.

saisonnierement aride, où des saisons pluvieuses bien marquées sont séparées par des périodes d'au moins cinq à six mois recevant chacun moins de 50 mm de précipitations.

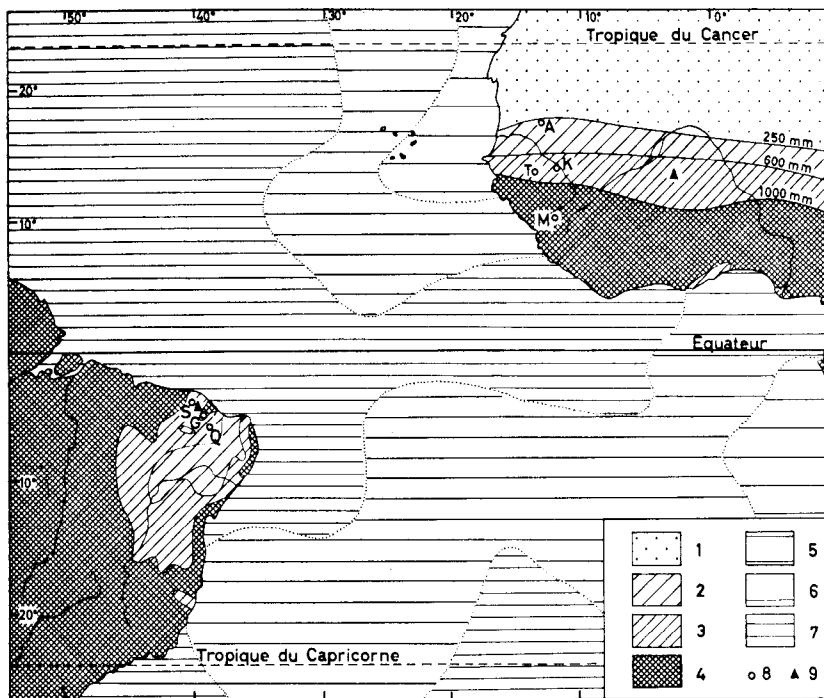


Fig. 1 — Afrique occidentale et Brésil du Nordeste: carte de localisation.

1 — Pluviosité annuelle inférieure à 250 mm; 2 — Comprise entre 250 et 600 mm; 3 — Comprise entre 600 et 1 000 mm; 4 — Supérieure à 1 000 mm; 5 — Régions de l'Océan Atlantique où la base de l'inversion de température de l'alizé est à moins de 750 m d'altitude; 6 — Comprise entre 750 et 1 500 m; 7 — A plus de 1 500 m d'altitude (d'après RIEHL, *Tropical Meteorology*, 1954, p. 57); 8 — Stations météorologiques utilisées; 9 — Localisation des reliefs décrits.

Il s'agit là de facteurs fondamentaux suffisant à rendre compte des profondes analogies qui existent entre les grands traits du paysage des deux lourdes péninsules tropicales placées presque symétriquement de part et d'autre de l'Atlantique et de l'Équateur.

Mais une analyse plus fine révèle bientôt des différences sensibles qu'on peut schématiquement classer en trois grandes catégories.

a) *Nature des dépôts superficiels et des sols*

Le degré d'altération subie par les formations superficielles semble infiniment plus poussé en Afrique occidentale qu'au Brésil. Même sous les nuances les plus arides du climat actuel, en plein Sahara, on ne trouve guère que des dépôts résiduels d'où tous les minéraux facilement altérables ont disparu. Des sables et limons presque purement siliceux ou bien des cuirasses indurées, ferrugineuses ou bauxitiques, couvrent à peu près toutes les surfaces où n'affleure pas la roche nue. Dans le Nordeste brésilien, au contraire, les sols et les recouvrements paraissent présenter une variété beaucoup plus grande et un bien moindre degré d'apauvrissement. Des blocs de roches cristallines ou des cristaux de feldspath y apparaissent fréquemment à l'état frais ou peu altéré (voir Pl. III).

b) *Organisation des paysages en fonction de l'exposition, de l'altitude et de la latitude*

En Afrique occidentale à longue saison sèche, même les plateaux les plus élevés, les plus abrupts, les plus étendus, les mieux orientés par rapport aux vents dominants, n'introduisent que des nuances à peine perceptibles dans l'aspect de la couverture végétale et du modelé de détail, alors qu'un des traits géographiques les plus frappants du Brésil du Nordeste sont ces «îles» montagneuses humides, drappées de façon dissymétrique dans un lambeau de grande forêt, qui se dressent au milieu des broussailles sèches du bas pays. Les versants orientaux très humides, aux sols profonds, s'opposent aux versants occidentaux très secs, couverts d'une maigre végétation et où la roche affleure souvent à nu sur les pentes raides. En Afrique occidentale à longue saison sèche, c'est seulement dans la zone sahélienne qu'une certaine dissymétrie apparaît dans le paysage, en raison des sables que les vents dominants de saison sèche tendent à accumuler au pied des escarpements faisant face à l'Est et au Nord-Est.

Par contre, si les paysages africains sont d'une grande monotonie pour qui se déplace d'Est en Ouest, une zonation très nette, d'ailleurs plus marquée dans la végétation que dans le modèle, s'y manifeste du Nord au Sud, sans que rien d'équivalent n'existe dans le Brésil du Nordeste, varié dans le détail mais relativement uniforme si l'on considère les grands ensembles.

### c) Formes de relief types

Le modèle brésilien est généralement moins rigide que celui de l'Afrique de l'Ouest. Les surfaces proprement pédimentaires sont loin d'y former la quasi totalité des paysages. Elles n'existent avec netteté que dans les secteurs les plus secs, c'est à dire sur les versants occidentaux des collines et dans les dépressions abritées. Encore ne s'agit-il que de pédiments exoréiques, se raccordant à des oueds d'intersection. Ailleurs, une bonne partie des paysages semble constituée par d'anciens pédiments disséqués, absolument plus fonctionnels, mais encore parfaitement reconnaissables par la rigidité qu'ils impriment aux interfluves et aux lignes d'horizon. L'écoulement est généralement de type linéaire et non pas aréolaire.

Au contraire, ces paysages mixtes sont extrêmement rares en Afrique de l'Ouest. Si les surfaces pédimentaires s'y étagent en une majestueuse «topographie en marches d'escalier» qui décèle la succession de phases d'entaille et de phases d'aplanissement alternées, les glacis et surfaces d'érosion présentent, à cause de l'induration ferrugineuse qui les imprègne, une résistance très grande à l'érosion linéaire (voir Pl. IV). C'est le plus souvent par des corniches escarpées que les différents niveaux se raccordent et, des marges de la grande forêt à celles du désert, les formes d'érosion aréolaire restent fonctionnelles grâce à la chappe protectrice qui en empêche l'entaille, lors même peut-être qu'elles ne sont pas toujours en équilibre avec le climat actuel.

Ces caractères différents du paysage sont résumés dans le tableau I.

TABLEAU I

|                                |              | Brésil du Nordeste   | Afrique de l'Ouest à longue saison sèche  |
|--------------------------------|--------------|--|---|
| Nature des dépôts superficiels |              | Dépôts mal triés contenant des feldspaths peu ou pas altérés           | Sables et limons très purement siliceux Cuirasses ferrugineuses   |
| Différenciation suivant        | l'exposition | Versants orientaux très humides  | Accumulations sableuses au pied des versants orientaux (zone sahélienne). Pas de contraste sensible d'humidité selon les versants |
|                                |              | Versants occidentaux très secs   |   |
|                                | l'altitude   | Humidité s'accroissant rapidement avec l'altitude                      | Faible variation de l'humidité avec l'altitude  |
| la latitude                    |              | Zonation peu nette   | Zonation très marquée   |
|                                |              | Versants occidentaux: pédiments se raccordant à des vallées exoréiques | Pédiments cuirassés, étagés mais non disséqués, séparés par des corniches   |
| Formes de relief types         |              | Versants orientaux: pédiments disséqués                                |   |

## DIFFÉRENCES ENTRE LES TYPES CLIMATIQUES ACTUELS

C'est évidemment à des différences climatiques, passées et actuelles, qu'on doit l'essentiel de ces oppositions. Mais, lorsqu'on veut serrer l'analyse comparative, on se heurte à une grande difficulté. Les études de détail, climatiques ou géomorphologiques, manquent cruellement et sont dans l'ensemble encore moins avancées au Brésil qu'en Afrique occidentale. Il n'est même pas encore possible d'offrir une description satisfaisante des contrastes locaux du climat actuel du Brésil du Nordeste <sup>(2)</sup>. Quant aux quelques interprétations géomor-

<sup>(2)</sup> Les publications sur l'aridité du Nordeste ne manquent pourtant pas, mais peu d'entre elles en présentent un tableau fouillé et complet. Citons seulement un article de J. A. L. T. GUERRA, «Tipos de

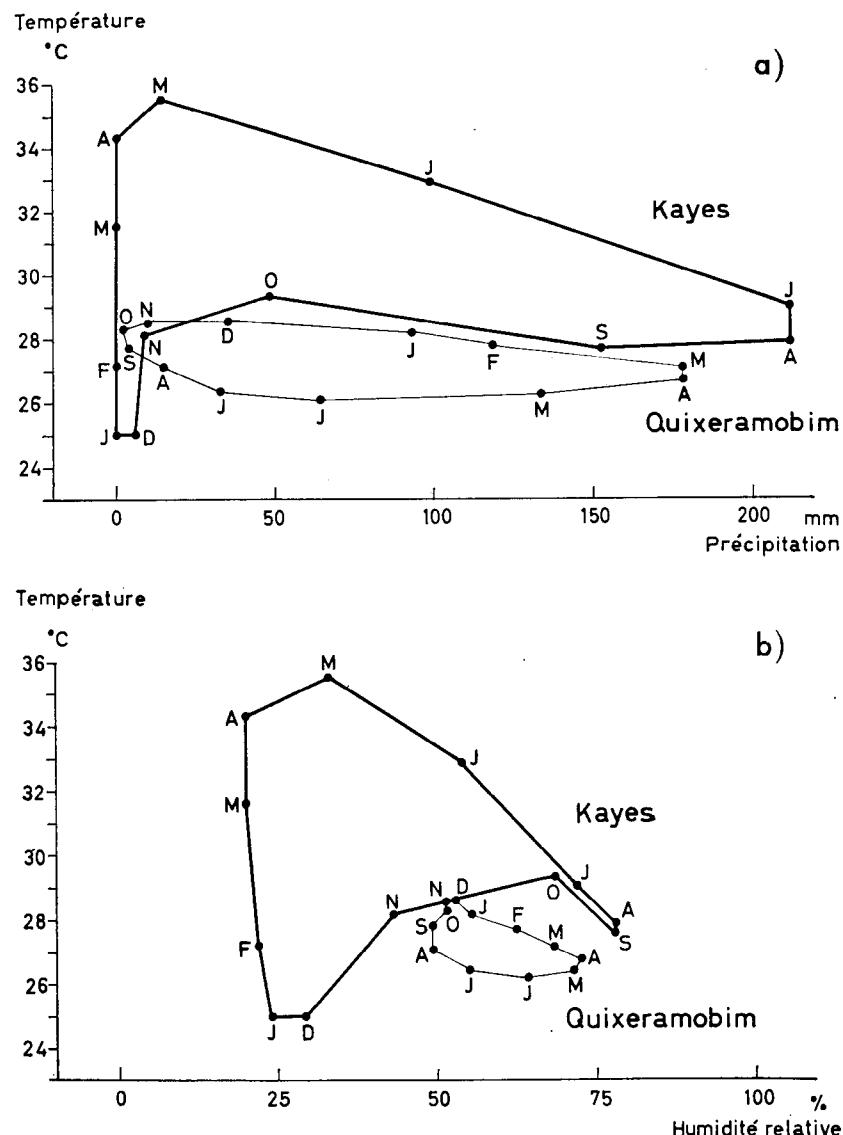


Fig. 2 — Climogrammes comparés de Kayes et Quixeramobim.

a) température et précipitation; b) température et humidité relative.

phologiques concernant cette région, elles sont l'œuvre de morphologues étrangers venus confronter leur expérience africaine à la réalité brésilienne ou bien de leurs élèves (3). Aucune œuvre d'ensemble vraiment originale n'a encore été publiée par les géographes brésiliens.

En se basant cependant sur les données disponibles (4), on voit qu'au Ceará, choisi comme exemple brésilien, les extrêmes de pluviosité annuelle s'établissent vers 1700 mm sur les hauteurs les mieux exposées (1711 mm à Guaramiranga situé à 872 m, en haut du versant oriental de la Serra de Baturité, 1732 mm à Meruoca situé vers 700 m au Nord-Est de la serra du même nom), et probablement à une valeur nettement inférieure à 600 ou même 500 mm à l'«ombre» occidentale de ces mêmes massifs, sans qu'on puisse préciser la valeur de ces minimums, faute de stations situées dans ces régions d'intérêt économique faible (5). A quelques kilomètres des montagnes, règne déjà le régime de plaine avec une pluviosité moyenne de 700 à 800 mm, c'est à dire l'équivalent de ce que reçoivent les stations soudaniennes de l'Afrique de l'Ouest. Il suffit donc, au Ceará, de franchir quelques dizaines de kilomètres pour passer d'une station, déjà typiquement «sahélienne» par la quantité annuelle de pluie reçue et par la durée de la saison sèche, à une station dont on ne retrouve l'équivalent approximatif, du point de vue pluviométrique, en Afrique de l'Ouest, que 500 km plus au Sud, dans la zone «guinéenne».

clima do Nordeste» (*Rev. Bras. Geogr.*, 1955, p. 449-496), et, sur le mécanisme du climat, E. NIMER, «Circulação atmosférica do Nordeste e suas consequências. O fenômeno das secas» (*Rev. Bras. Geogr.*, 1964, p. 147-157) qui résume les travaux du météorologue A. SERRA.

(3) L'impulsion première fut donnée par L. C. KING, «A geomorfologia do Brasil oriental» (*Rev. Bras. Geogr.*, 1956, p. 147-265), retrouvant au Brésil l'étagement des aplatissements qu'il avait étudiés en Afrique. Des géographes français proposèrent aussi de rapides synthèses: J. DRESCH, «Problèmes morphologiques du Nord-Est brésilien» (*Bull. A. G. F.*, 1957, p. 48-59), J. DEMANGEOT, «Essai sur le relief du Nord-Est brésilien» (*Ann. de Géogr.*, 1960, p. 157-176).

(4) Je remercie vivement REGINA MOUSINHO qui a eu l'amabilité de rassembler pour moi la plupart des données chiffrées sur lesquelles est basée l'analyse du climat du Nordeste brésilien.

(5) A. N. AB'SABER, «Depressões periféricas e depressões semi-áridas no Nordeste do Brasil» (*Bol. Paul. Geogr.*, 1956, p. 3-18).

Mais les données pluviométriques sont très insuffisantes pour caractériser ces climats. Le tableau II et la figure 2 montrent que les températures du Brésil du Nordeste sont en

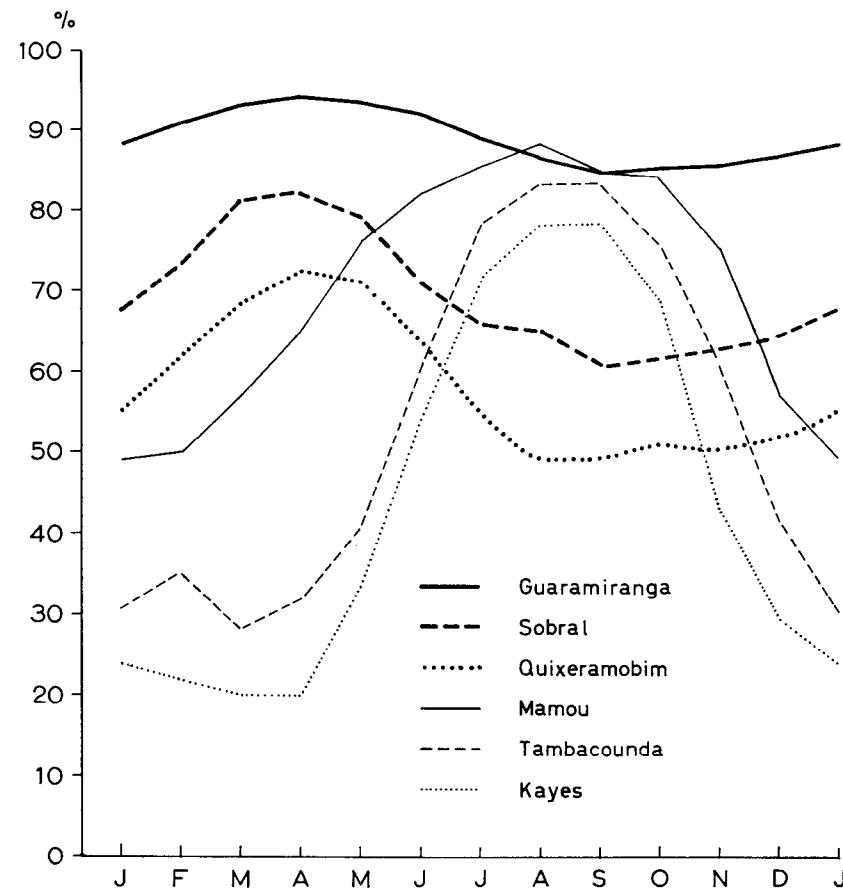


Fig. 3 — Évolution moyenne annuelle de l'humidité relative en Afrique occidentale et dans le Nordeste brésilien.

moyenne un peu plus faibles et surtout beaucoup plus régulièrement réparties au cours de l'année, sans cette saison torride du printemps de l'Afrique occidentale soumise à des vents desséchants d'origine continentale, où les températures moyennes dépassent largement 30° et où l'humidité relative tombe à des valeurs très faibles. C'est parce que l'atmosphère reste toujours plus ou moins humide au Ceará, même au cours des

TABLEAU II

| Station      | Localisation | Altitude (m) | Pluviométrie moyenne annuelle (mm) | Nombre de mois < 50 mm | Température moyenne Annuelle | Mois le plus chaud | Mois le plus froid | Amplitude moyenne annuelle | Indice d'aridité $\frac{P}{t+10}$ | Humidité relative moyenne du mois le plus sec |
|--------------|--------------|--------------|------------------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------|--------------------|----------------------------|-----------------------------------|---|
| Sobral       | Ceará        | 75           | 885                                | 7                      | 27° 5                        | —                  | —                  | —                          | 23                                | 61 %  |
| Quixeramobim | Ceará        | 199          | 777                                | 6                      | 27° 5                        | 28° 8              | 26° 2              | 2° 6                       | 20                                | 49 %  |
| Tambacounda  | Sénégal      | 44           | 879                                | 7                      | 28° 2                        | 32° 7              | 24° 7              | 8° 0                       | 23                                | 28 %  |
| Kayes        | Mali         | 46           | 750                                | 8                      | 29° 2                        | 35° 3              | 25° 2              | 10° 1                      | 19                                | 20 %  |
| Guaramiranga | Ceará        | 872          | 1711                               | 3                      | 20° 6                        | 21° 2              | 19° 6              | 1° 6                       | 55                                | 85 %  |
| Mamou        | Guinée       | 782          | 1965                               | 4                      | 23° 8                        | 26° 2              | 22° 5              | 3° 7                       | 58                                | 49 %  |

mois sans pluie, que la température s'y élève à peine vers la fin de la saison sèche et que l'amplitude annuelle, toujours inférieure à 5° en dépit d'un régime des pluies saisonnièrement très contrasté, reste de type équatorial.

L'analyse du régime annuel des températures et de l'humidité atmosphérique fait donc éclater un des contrastes

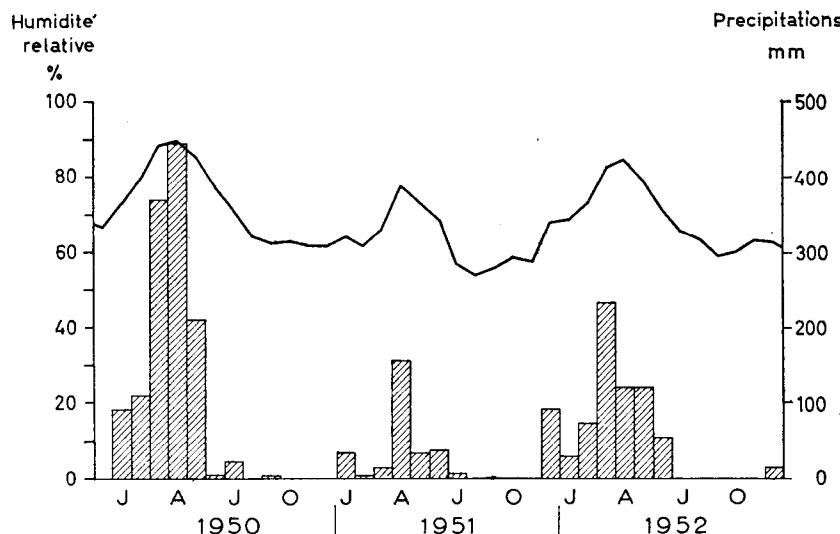


Fig. 4 — Evolution de l'humidité relative à Sobral au cours de trois années successives aux précipitations contrastées: 1950 année excédentaire (1246 mm), 1951 année déficitaire (373 mm), 1952 année moyenne (639 mm).

fondamentaux opposant les climats à longue saison sèche d'Afrique occidentale et du Brésil du Nordeste: l'un est un climat de nuance aride continentale, où les vents chargés d'humidité marine ne pénètrent qu'en saison des pluies, tandis que l'autre, régulièrement baigné par le souffle de l'alizé atlantique, est un climat de type franchement maritime où aucun mois, même en fin de saison sèche et dans les stations les moins arrosées, même au cours des années les plus déficitaires, ne connaît cette atmosphère desséchée et torride, véritable invasion saisonnière du désert, qui fait l'originalité redoutable des zones sahélienne et soudanienne d'Afrique occidentale (voir fig. 3 et 4).

On serait donc tenté de conclure à une aridité beaucoup moindre du Nordeste brésilien, si l'on ne tenait pas compte d'un autre facteur: l'irrégularité interannuelle des pluies. Alors que les totaux annuels et la répartition saisonnière moyenne sont analogues à ceux du climat soudanien typique, ce n'est qu'en climat sahélien qu'on trouve en Afrique de l'Ouest une irrégularité interannuelle comparable à celle du Nordeste brésilien, et encore semble-t-il que le rythme de ces irrégularités soit assez différent (voir fig. 5). Alors qu'en Afrique de l'Ouest on assiste plutôt à des alternances de séries d'années sèches et pluvieuses, se groupant en «cycles» de l'ordre de 10 à 20 ans, dans le Brésil du Nordeste, c'est parfois d'une année à l'autre que l'on passe par les deux extrêmes. Ainsi, à Sobral, 1917 a reçu 1416 mm de pluie, 1918 797 mm, 1920 149 mm seulement. Il est tombé 1246 mm en 1950 et 373 mm en 1951. Il est probable que ces alternances brutales entre les années de «secas» et d'inondation marquent fortement tant le système morphoclimatique que l'évolution végétale. Des observations précises seraient dans ce domaine infiniment souhaitables.

Quant aux montagnes du Ceará, îles d'humidité au milieu de régions semi-arides, la considération des mêmes facteurs, pluie, température et humidité relative, montre qu'il faut aller chercher en pleine zone guinéenne, sur les plateaux du Fouta-Djalon, des stations africaines qui puissent leur être comparées (voir fig. 3 et tableau II). Encore les montagnes du Nordeste apparaissent-elles plus fraîches, à même altitude, et surtout ignorent-elles complètement et les mois vraiment chauds et toute forme de sécheresse. L'humidité relative moyenne reste en toute saison supérieure à 85 p. 100. Quant à l'irrégularité interannuelle des pluies, si elle demeure très forte, elle ne fait jamais descendre pluie et humidité atmosphérique au-dessous du seuil de l'aridité. En 21 ans (1940-1960), à Guaramiranga situé à 872 m dans la Serra de Batu-Rité, l'année la plus sèche a été 1958 qui n'a connu que 992 mm de pluie. Bien que trois mois, d'août à octobre, aient reçu chacun moins de 10 mm de pluie, l'humidité relative moyenne d'aucun de ces mois n'est descendue au-dessous de 85 p. 100.

On mesure l'ampleur des contrastes qui se manifestent ici à quelques kilomètres de distance. Quelle peut être l'in-

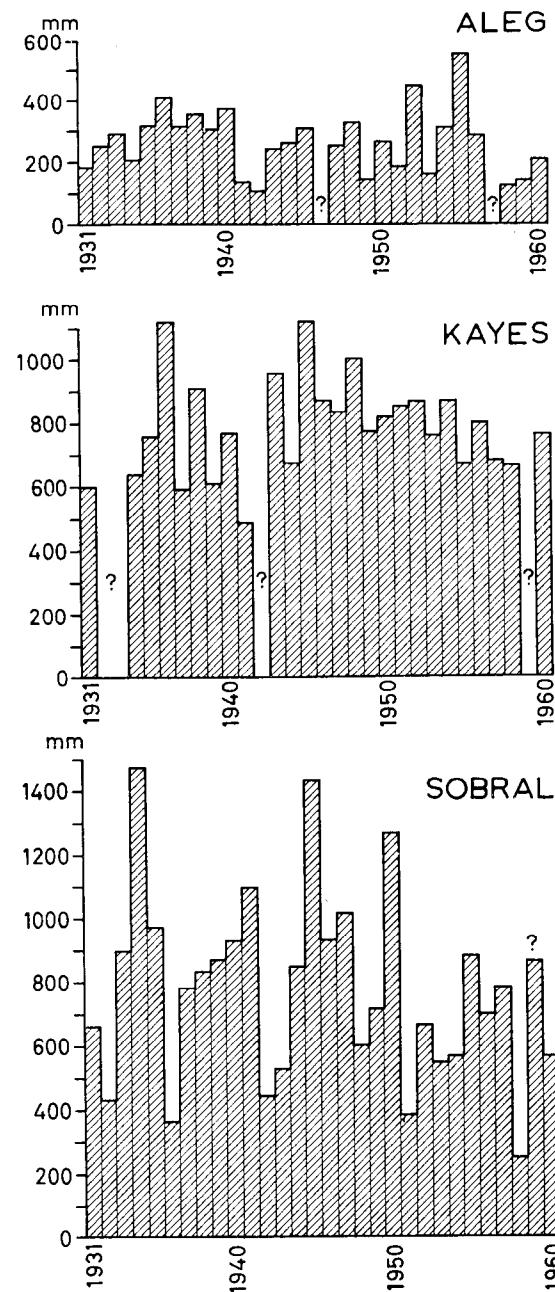


Fig. 5—Variation interannuelle des précipitations de 1931 à 1960 dans les stations d'Aleg (Mauritanie, 17° 03' lat. N, environ 30 m), Kayes (Mali, 14° 26' lat. N, 46 m) et Sobral (Ceará, 3° 42' lat. S, 75 m).

fluence de ces oasis de fraîcheur et d'humidité sur le régime hydrologique des rivières qui parcourent le bas pays? Dans quelle mesure assurent-elles la survie des plantes et des animaux décimés lors de sécheresses particulièrement cruelles? Ces questions ne servent qu'à montrer combien on est loin encore de pouvoir simplement fournir une bonne description géographique des nuances climatiques du Nordeste et de leurs conséquences.

#### PROBLÈME DES PALÉOCLIMATS

Mais, s'il est déjà si difficile d'établir une comparaison valable entre les caractères descriptifs des deux types climatiques actuels, que dire des reconstitutions paléoclimatiques! En Afrique occidentale, on a la preuve que, au cours du Tertiaire et du Quaternaire, les régions sahéliennes et soudanaises ont connu alternativement des périodes de climat chaud et humide pendant lesquelles l'altération des roches put progresser jusqu'à ses ultimes conséquences: ferrallitisation dans les zones de départ, accumulation de sables purement siliceux dans les parties basses, et de périodes si nettement désertiques que de grands ergs remaniant ces sables s'avancèrent jusqu'à une zone qui reçoit aujourd'hui 700 à 800 mm de pluie. Le régime semi-endoréique qui prévaut actuellement dans une large part du domaine ouest-africain, où de grands fleuves allophones parcourent des régions très plates qui s'inondent largement en saison des pluies, semble un compromis entre les héritages de périodes alternativement plus arides et plus humides.

Au contraire, le survol du Nordeste brésilien montre à la fois l'organisation parfaitement hiérarchisée du système de drainage actuel et la quasi absence de modèle dunaire hors des régions littorales. Formes et dépôts inclinent l'observateur à penser que cette région semi-aride subéquatoriale n'a jamais dû connaître, dans un passé géologique relativement récent, ni longue période de climat tropical humide, ni véritable aridité<sup>(6)</sup>.

(6) Voir à ce sujet J. TRICART, «Division morphologique du Brésil atlantique central» (*Rev. Géom. Dyn.*, 1958, n° 1-2), qui s'appuie aussi sur les formes d'endémisme accentué que présente la caatinga pour penser que le climat du Nordeste brésilien est demeuré remarquablement stable au cours des époques géologiques récentes.

Les cuirasses ferrugineuses n'apparaissent en lambeaux démantelés que sur les plateaux les plus élevés (Serra d'Ibiapaba par exemple) et dans les régions côtières où, jalonnant peut-être la même surface déformée, elles paraissent plonger sous les dépôts côtiers de type «barreiras» et sous la mer. Les premières tentatives de synthèse attribuent à cette «canga», à titre hypothétique, un âge éocène. Aucune des formes emboîtées dans ces hauts plateaux, larges niveaux d'érosion, glaciis, terrasses, ne paraît avoir connu d'induration superficielle. Mais elles portent souvent des épandages à cailloux anguleux ou à galets de quartz grossiers, aujourd'hui concentrés en surface par lavage des éléments plus fins, qui font penser que des climats plus brutaux que l'actuel ont dû exister dans le passé. Toute tentative de datation de ces formes apparaît cependant encore très prématuée.

Tout au plus peut-on, à l'occasion de l'analyse d'exemples locaux, poser quelques problèmes, suggérer quelques successions morphoclimatiques et, surtout, faire ressortir l'originalité profonde de l'organisation des paysages de chacun des ensembles étudiés. Pour rendre la comparaison plus facile, ce sont deux reliefs de taille menue, deux ensembles de collines peu élevées se dressant au milieu de vastes étendues aux pentes très atténuées, dont la physionomie va être ci-après esquissée. L'un et l'autre sont modelés dans les roches du socle et sont probablement en grande partie des formes résiduelles mises en valeur par érosion différentielle. Au delà des détails qui assurent la personnalité de chacun de ces échantillons au milieu de sa propre «famille», on percevra aisément les caractéristiques régionales générales qui l'opposent à l'exemple d'outre-Atlantique.

#### LA SERRA DA URUBURETAMA (CEARÁ)

Il s'agit d'un petit massif de collines assez peu élevées (300 à 400 m si l'on en croit les courbes hypsométriques assez fantaisistes de la carte du Brésil au 1/500 000, reproduites sur la figure 6), mais situées fort près de l'océan, par  $3^{\circ} 40'$

de lat. S et  $39^{\circ} 30'$  de long. W<sup>(7)</sup>. Aucune station météorologique n'existe dans la région, mais la seule analyse des paysages suffit à montrer qu'une opposition très brutale d'humidité existe entre les deux versants. A l'Ouest, et depuis la région située au Nord de la Serra du Retiro, le paysage est nettement aride: vastes pédiments fonctionnels s'inclinant doucement vers un réseau d'oueds d'intersection à larges lits

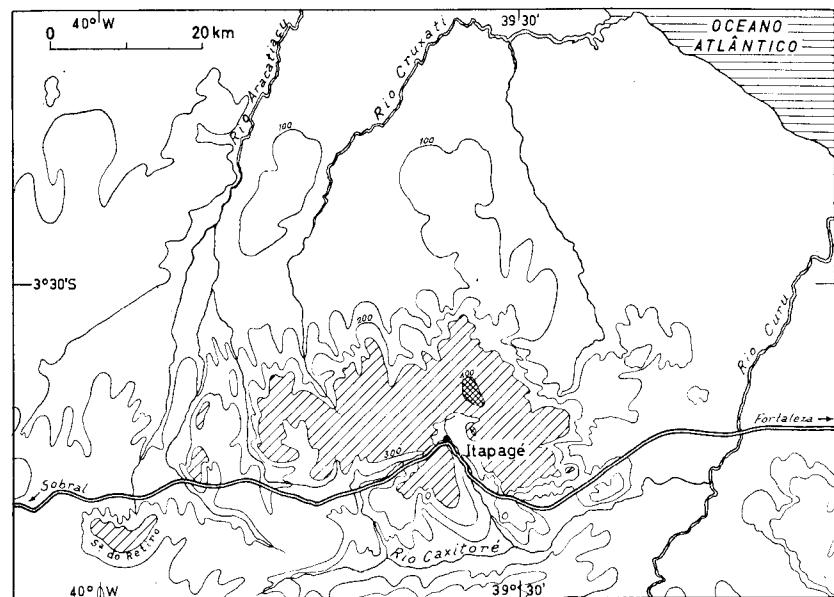


Fig. 6 — La Serra da Uruburetama (Ceará), d'après la carte du Brésil au 1/500 000. Équidistance des courbes: 100 m.

sableux, dominés par les versants raides de collines rocheuses où apparaissent de grandes dalles de desquamation dominant des talus d'éboulis grossiers, inselbergs décharnés se détachant en avant-garde, végétation arbustive espacée, formée surtout d'acacias et parsemée de cactées, petites touffes d'herbe en formation ouverte, exploitées par de grands ranches d'élevage (voir Pl. V et VI,A). Les pédiments sont pavés de cailloux de quartz à patine rouge, plus ou moins émoussés, dont les

(7) Je remercie vivement mes collègues Amélia Alba Nogueira et Ana Carvalho, qui au mois d'août 1965 m'ont guidée à travers les paysages les plus intéressants du Ceará et qui m'ont fait alors largement bénéficier de leur grande connaissance du terrain.

plus gros (15 à 30 cm) paraissent actuellement se concentrer en surface par érosion différentielle, car la couverture colluviale est formée en profondeur par une majorité de cailloux plus petits mêlés d'éléments fins.

Quelques kilomètres avant Itapagé, en se dirigeant vers l'Est, le paysage change brusquement (voir Pl. VI, B). La végétation devient beaucoup plus abondante et plus verte, on voit partout des traces de culture. Les formes se font plus complexes. Les raides versants dominant immédiatement la bourgade sont striés par un dense réseau de petits ravins parallèles, entre lesquels des boules rocheuses accidentent par places le versant. C'est le résultat d'une érosion des sols d'origine anthropique dont l'histoire est bien connue. Les épais sols rouges forestiers, qui furent défrichés pour la culture du café, comportaient un horizon lessivé sableux reposant sur un horizon illuvial argileux très compact. L'érosion presque complète de l'horizon supérieur rend désormais très difficile la culture des versants. Quant aux bas-fonds, ils sont constitués par des pédiments très disséqués, absolument plus fonctionnels quoique encore parfaitement reconnaissables. Leurs formes rigides, conservées sur les interfluves, dominent d'innombrables petites vallées étroites, aux raides flancs convexes.

Si l'on admet, ce qui semble plausible, que les pédiments orientaux se sont modelés sous un climat plus ou moins analogue, quoique sans doute plus brutal, à celui qui règne actuellement à l'Ouest de la montagne, cela voudrait dire que les épais sols de versant aujourd'hui fortement érodés qui les dominent, se seraient développés postérieurement à cette phase sèche, en même temps qu'un ruissellement plus actif et donc plus concentré, entaillait les pédiments des bas-fonds. On peut penser que, lors de l'oscillation sèche, le contraste climatique entre les deux versants était beaucoup moins accusé qu'actuellement.

L'existence d'anciens pédiments disséqués paraît un trait morphologique courant au Brésil, et pas seulement dans le Nordeste. C'est un des instruments d'analyse du paysage actuellement le plus volontiers utilisé par la jeune école géomor-

phologique brésilienne <sup>(8)</sup>. Or ce type de modélisé est extrêmement rare en Afrique de l'Ouest, malgré l'ampleur sans doute plus grande des oscillations climatiques qui s'y manifestèrent. Le cuirassement ferrugineux, puissant facteur de conservation des surfaces aplanies, apparaît comme un aspect original et fondamental de l'évolution du relief en Afrique de l'Ouest, sans qu'il soit encore possible, dans l'état actuel des recherches, d'expliquer de façon satisfaisante l'importance exceptionnelle qu'y revêtent ces indurations. Il en résulte un modélisé à la fois plus monotone et plus heurté qu'au Brésil où des formes d'érosion «normale» et «pédimentaire» s'imbriquent étroitement, que ce soit par remaniements successifs en un même lieu ou par juxtaposition à faible distance au gré des contrastes locaux de relief et donc de climat.

#### *LES BUTTES DE LA RÉGION DE BIROU (HAUTE VOLTA)*

Les exemples abondent, en Afrique de l'Ouest, de ces paysages dominés par les lignes rigides de niveaux aplanis cuirassés de fer, s'étageant en systèmes plus ou moins complexes <sup>(9)</sup>. Les alignements de racines de plis constituant les chaînes birrimiennes, qui traversent en longues écharpes de direction plus ou moins méridienne de vastes étendues du socle, offrent à cet égard des paysages beaucoup plus variés que les plaines monotones des régions granitiques. Constitués de roches à la fois riches en fer et inégalement résistantes à l'érosion (schistes assez tendres et complexe de roches métamorphiques et volcaniques), ils donnent un paysage de collines dont les sommets portent encore souvent les témoins d'un antique aplanissement fortement cuirassé, alors qu'alternent sur les pentes des formes d'entaille actuelles et les restes d'anciens versants eux aussi cuirassés <sup>(10)</sup>.

<sup>(8)</sup> Voir par exemple J. J. BIGARELLA et M. R. MOUSINHO, «Slope development in Southeastern and Southern Brazil» (*Zeitch. für Geom.*, 1966, p. 150-160).

<sup>(9)</sup> S. DAVEAU, «Principaux types de paysages morphologiques des plaines et plateaux soudanais dans l'Afrique de l'Ouest» (*Information Géogr.*, 1962, n° 2, p. 61-72).

<sup>(10)</sup> Sur ce type de relief voir: S. DAVEAU, M. LAMOTTE et G. ROUGERIE, «Cuirasses et chaînes birrimiennes en Haute Volta» (*Ann. de Géogr.*, 1962, p. 460-482). Voir aussi Pl. IV.

Les buttes de la région de Birou, situées par  $13^{\circ} 20'$  lat. N et  $1^{\circ} 40'$  long. W, sous un climat caractérisé par des pluies annuelles de l'ordre de 650 à 700 mm, avec une longue saison sèche et torride (7 à 8 mois reçoivent moins de 50 mm de pluie), offrent de bons exemples des agencements variés que peuvent présenter ces paysages (voir fig. 7 et 8). Le relief régional

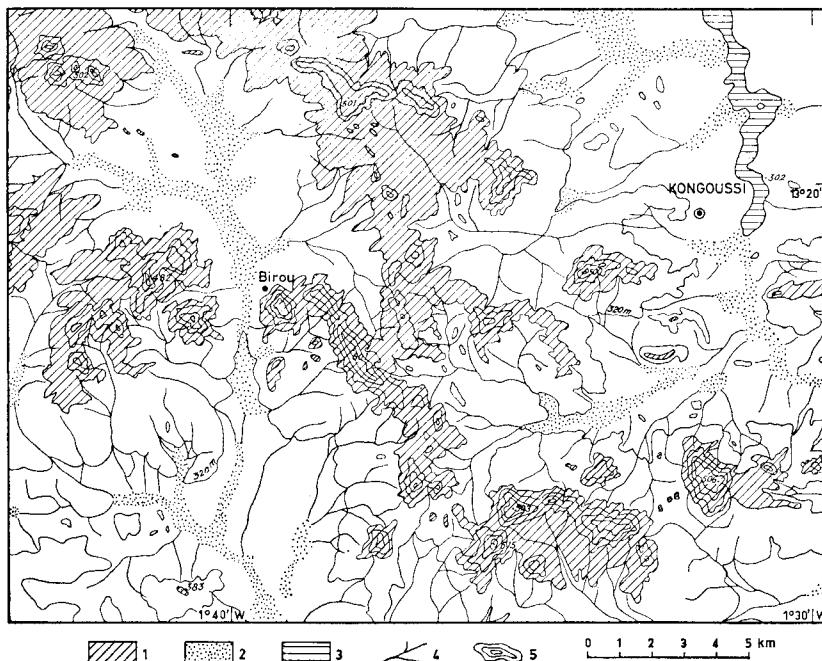


Fig. 7 — La région de Birou (Haute Volta), d'après la carte de l'Afrique de l'Ouest au 1/200 000.

1 — Altitudes supérieures à 360 m; 2 — Bas-fonds inondables; 3 — Lac de Bam; 4 — Talwegs; 5 — Courbes de niveau équidistantes de 40 m.

est faible mais nettement accentué. Le sommet des buttes se tient très régulièrement vers 500 m et domine de 150 à 200 m les vallées principales dont le fond remblayé s'inonde en saison des pluies. La lourde butte qui domine le village est encore étroitement enserrée dans sa gangue ferrugineuse. Une épaisse cuirasse sommitale (elle a au moins 15 m d'épaisseur par endroits), a nourri de fer les dépôts de pente jalonnant un ancien versant entaillé de ravins, mais qui subsiste encore

aussi bien sous la forme d'interfluves accrochés à la colline que sous la forme de «pseudo-cuestas» lui faisant face (voir fig. 9). Plus à l'Est, deux alignements de hauteurs portant des témoins discontinus de la haute cuirasse enserrent une petite vallée où les cuirasses de versant, conservées là mieux

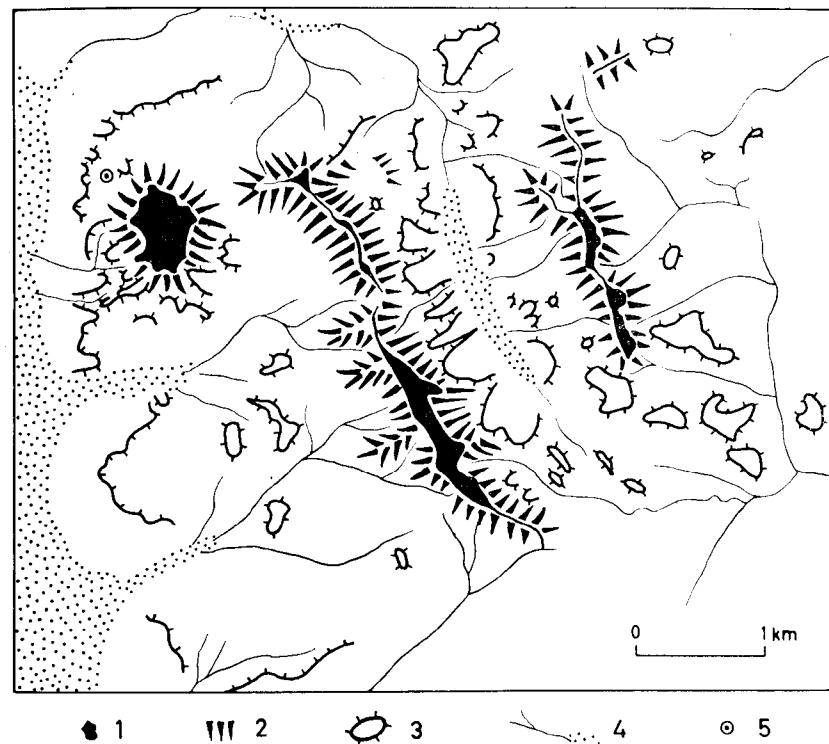


Fig. 8 — Les buttes de la région de Birou, d'après la photographie aérienne au 1/50 000 ND-30-XI 380.

1 — Cuirasse sommitale; 2 — Versants des collines; 3 — Cuirasses de pentes; 4 — Talwegs et bas-fonds inondables; 5 — Village de Birou.

que partout ailleurs, forment l'essentiel du modélisé. Enfin, au Sud de Birou, une butte cuirassée hémisphérique porte témoignage de l'existence d'une ancienne colline aujourd'hui disparue.

On observe donc là, sur une faible distance, une grande variété de paysages, variété qui paraît liée à la fois à des complications d'ordre structural et à des emboîtements de formes érosives particulièrement bien conservées grâce au cui-

rassement, mais non pas, comme dans le Nordeste brésilien, à l'orientation et à l'étagement altitudinal. Aucune dissymétrie d'ensemble ne se manifeste. Les versants cuirassés sont simplement mieux conservés dans la vallée secondaire que dans les deux vallées encadrantes plus importantes. Les tentatives de datation attribuent un âge fin tertiaire aux versants cuirassés. S'il en est bien ainsi, les entailles quaternaires n'auraient fait, dans une région située aujourd'hui un peu au delà de la limite septentrionale des cuirassements actifs, que retoucher légère-

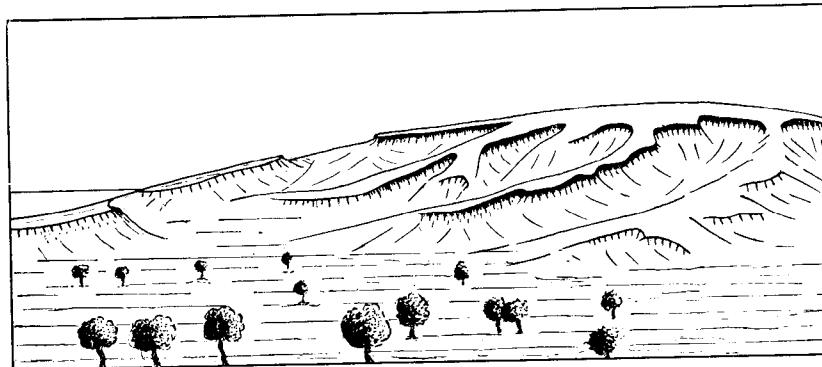
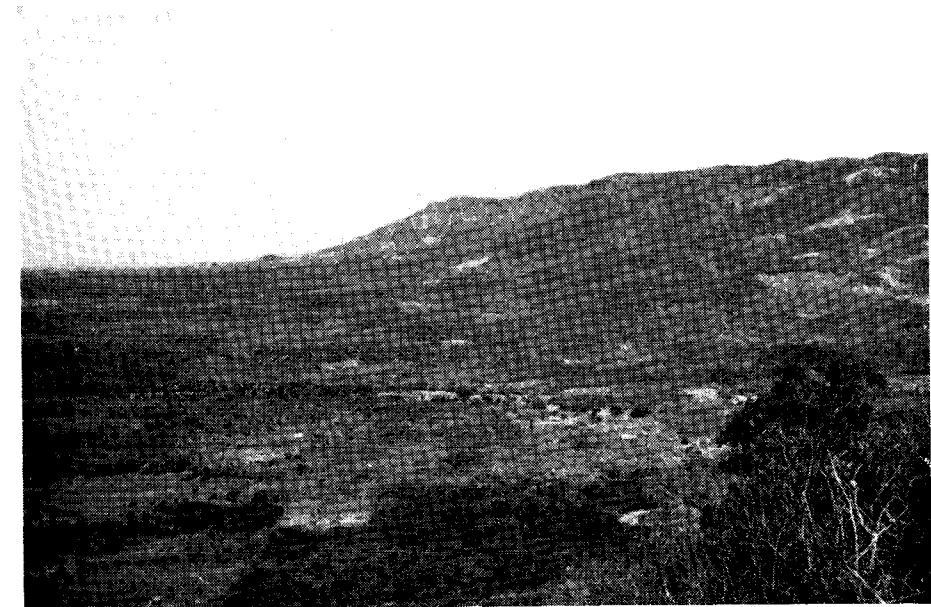


Fig. 9.— La butte de Birou vue du Sud.

ment les versants, en accumulant une grande partie des débris dans les bas-fonds les plus proches. Dans cette région située au cœur du continent, loin de toute atteinte de l'érosion régressive, le paysage apparaît donc d'une grande stabilité. Pourtant, dans toute l'Afrique de l'Ouest à saison sèche accentuée et même dans les régions où les défoncements récents ont été importants, on retrouve fondamentalement les mêmes thèmes de paysage: de rigides surfaces cuirassées, limitées par des escarpements et s'étageant en marches d'escalier plus ou moins régulières des sommets aux bas-fonds.

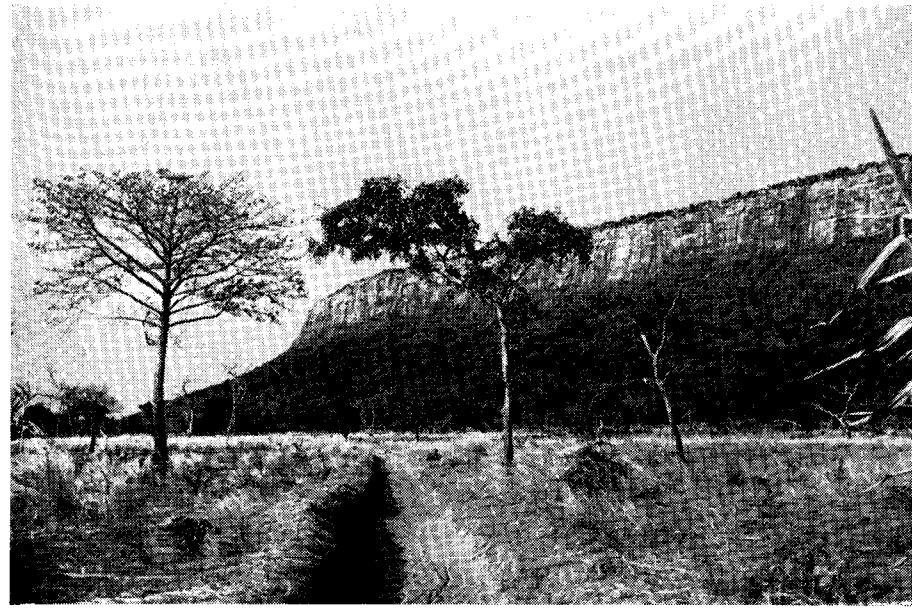
Ainsi, des structures analogues ont pu donner, sous deux nuances de climat tropical à longue saison sèche, des paysages profondément différents. Brésil du Nordeste et Afrique occidentale sont deux masses continentales d'architecture géologique très proche mais situées, l'une à l'Ouest, l'autre à l'Est de l'Atlantique, soumises l'une à la pénétration à peu près



PL. I, A — Chapada de Ibiapaba (Ceará), vue d'ensemble: grand escarpement rectiligne séparant deux étendues aplanies.



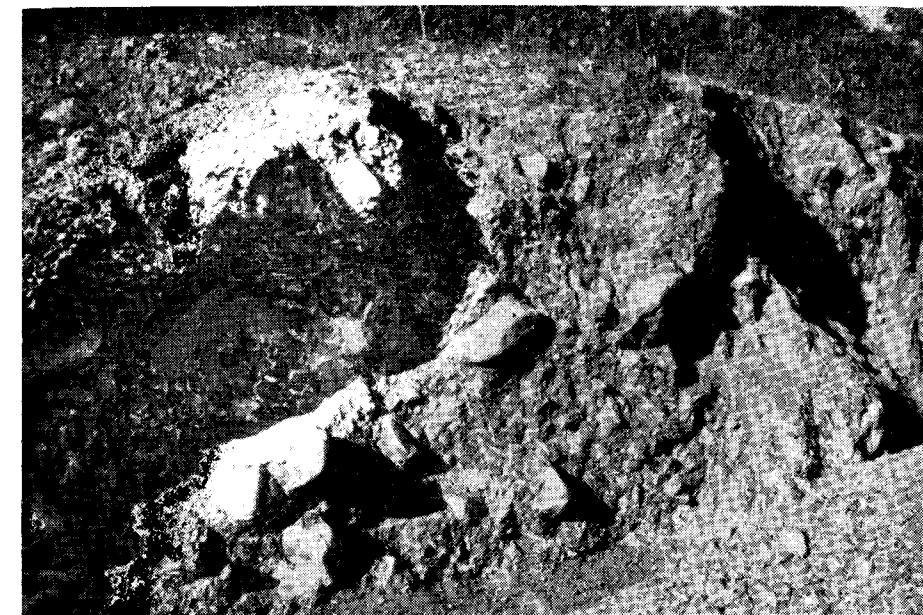
PL. I, B — Chapada de Ibiapaba, corniche dans le grès, versant adouci dans le socle cristallin.



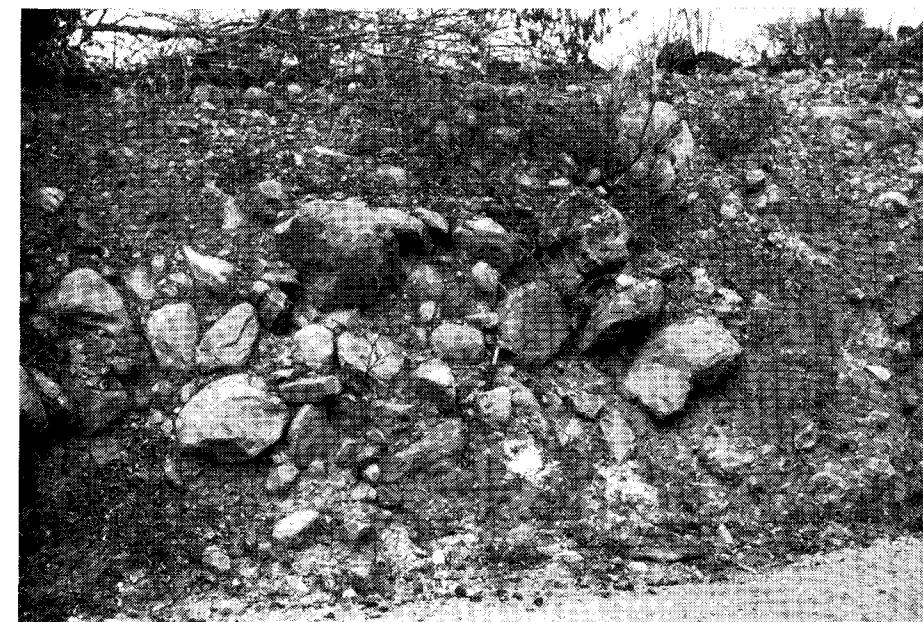
PL. II, A — Escarpement du Badiar (Guinée), pluvirosité annuelle de l'ordre de 1300 mm.



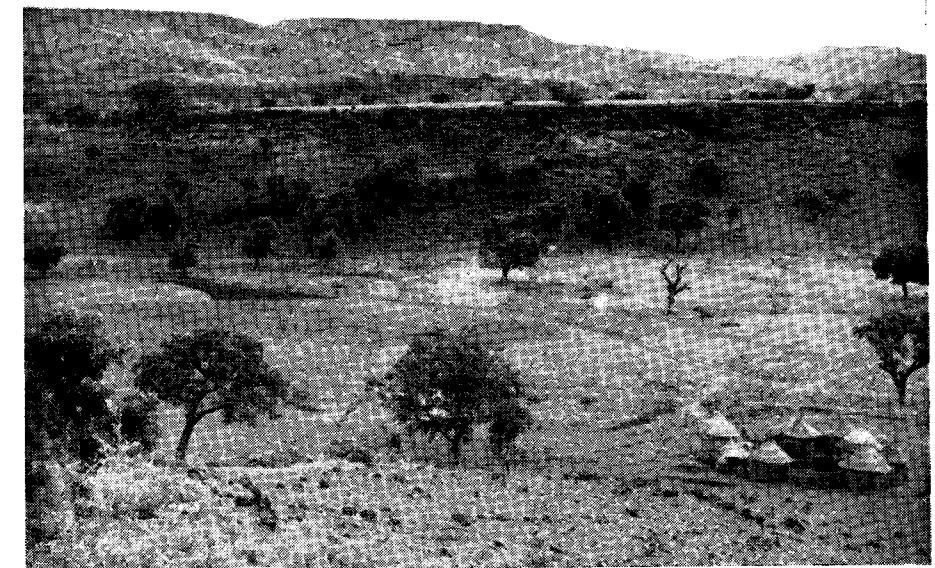
PL. II, B — Rebord du plateau de l'Assaba (Mauritanie), pluvirosité annuelle de l'ordre de 300 mm.



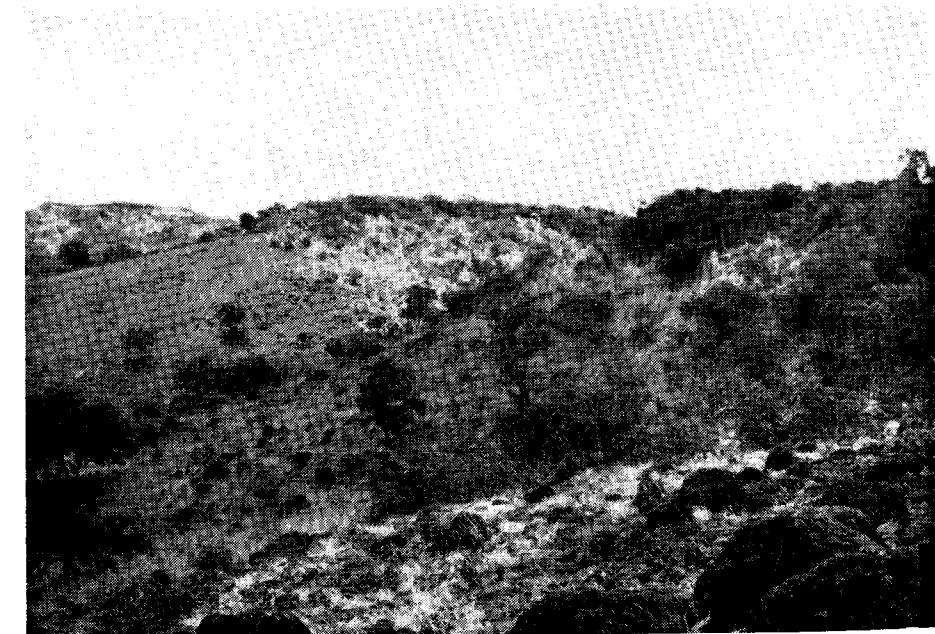
PL. III, A — Dépôt grossier à matrice argileuse bariolée,  
au pied de la Serra da Arara (Ceará).



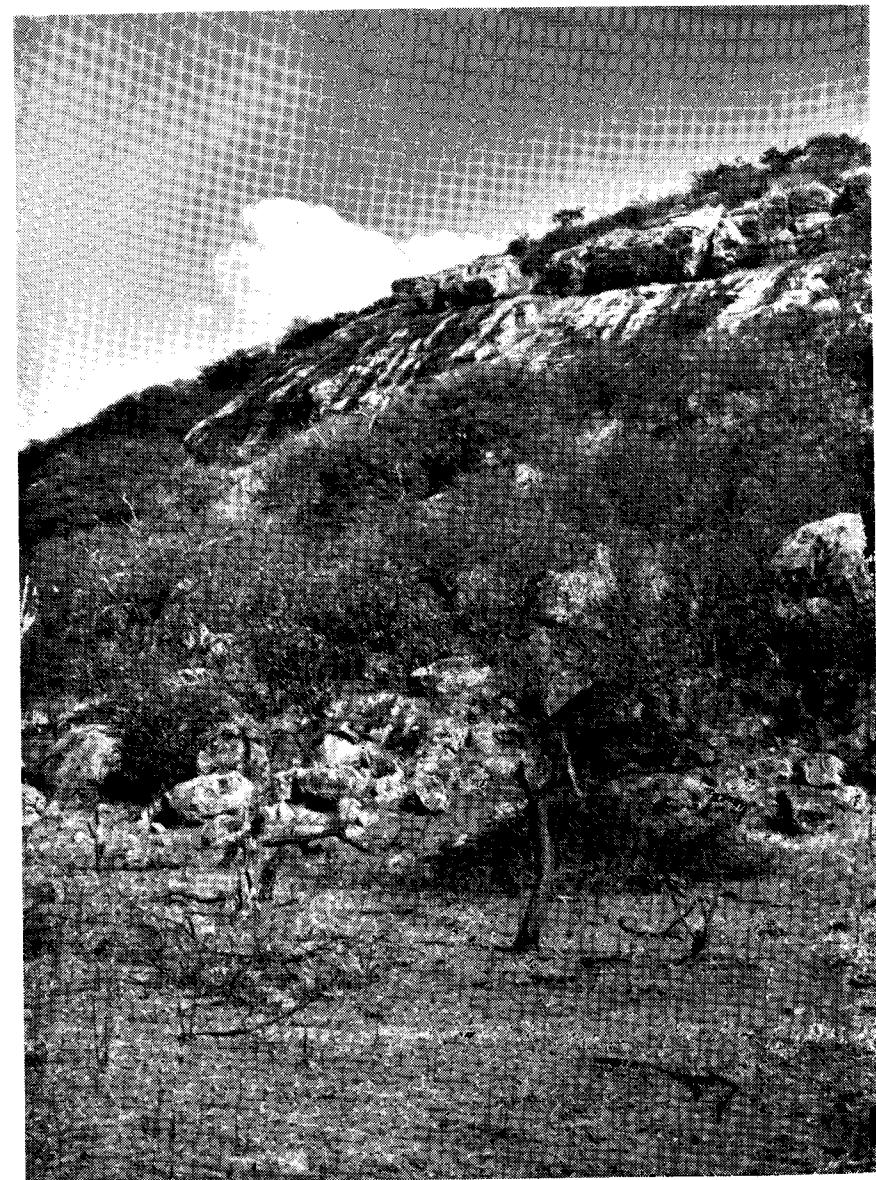
PL. III, B — Dépôt grossier de type raña, Chapada Diamantina  
(Bahia).



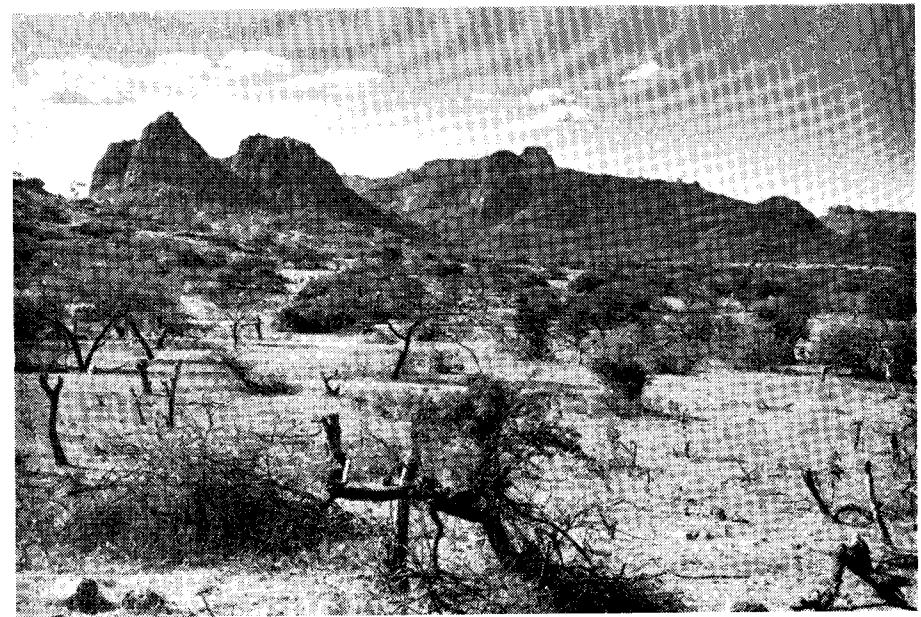
PL. IV, A — Étagement de niveaux cuirassés, Pilimpikou  
(Haute Volta).



PL. IV, B — Détail de la cuirasse sommitale, Pilimpikou.



PL. V — Versant nord de la Serra do Retiro (Ceará): dalles de desquamation, talus d'éboulis, glacis sableux.



PL. VI, A — Versant occidental de la Serra da Uruburetama (Ceará): versants décharnés, inselberg, glacis sableux à végétation de caatinga.



PL. VI, B — Versant oriental de la Serra da Uruburetama (région d'Itapagé): versant régularisé aux sols ravinés, peuplement et cultures.

constante des alizés maritimes à la base toujours humide, l'autre au souffle continental desséchant de l'harmattan pendant la plus grande partie de l'année. Leur passé est encore obscur, il est probable cependant que certaines constantes de leur climat se sont maintenues au cours même des oscillations qui l'ont affecté. Leurs paysages originaux se sont modelés peu à peu, par retouches successives, de telle sorte que les formes que nous observons, formes fugaces et complexes, intègrent un long passé changeant, pesant fortement à tout moment sur les phases ultérieures de l'évolution, mais reflètent aussi, on ne saurait échapper à cette idée, une personnalité régionale accusée, où la position par rapport aux grandes masses océaniques et continentales du globe est un facteur prépondérant.

*SUZANNE DAVEAU*