La réduction des irrégularités des profils longitudinaux, en zone intertropicale, a été avant tout le fait d'oscillations climatiques : tandis que les ruptures de pente se sont accentuées ou maintenues lors des périodes humides, elles se sont estompées, et ont même parfois complètement disparu lors des périodes semi-arides. C'est alors qu'ont pu se développer des aplanissements plus ou moins généralisés, qui, en Afrique comme au Brésil, sont toujours des pédiplaines ou des systèmes de glacis. Pendant les périodes humides, au contraire, le jeu des facteurs lithologiques et tectoniques a multiplié les irrégularités des profils longitudinaux et fait que l'évolution des versants s'est effectuée en fonction seulement de niveaux de base locaux de manière désordonnée. Il semble donc risqué de chercher à reconstituer ces profils et y découvrir des épicycles qui auraient une valeur générale. Chaque bande de roches résistantes à l'altération joue son rôle propre et bloque plus ou moins efficacement l'encaissement du talweg à l'amont. La rupture de pente qui en résulte n'a rien de cyclique et l'interpréter comme telle ne peut être qu'une source de graves méprises sur l'évolution géomorphologique générale. Les seules étapes de valeur régionale sont les oscillations climatiques et les sytèmes de pédiplaines ou de glacis qu'elles ont engendrés. Ce sont eux qui ponctuent l'évolution géomorphologique générale et qu'il s'agit de reconstituer et de dater.

Ces conclusions ne sont pas valables seulement pour les régions intertropicales. L'évolution de nos massifs anciens au Tertiaire s'est faite sous des climats dont les plus frais étaient subtropicaux. Elles peuvent donc lui être appliquées. Quelques sondages effectués dans les Vosges à partir des documents précis que nous offrent les levés des cartes géologiques au 1/20.000 [1] nous ont montré qu'en effet, bien des ruptures de pentes des cours d'eau étaient non pas d'origine

[1] Cet article était déjà prêt lorsque nous eûmes connaissance de celui de R. S. WATERS, Differential weathering and erosion on oldlands, *Geogr. Journ.*, 1957 p. 503-509, consacré au Dartmoor. Cet auteur signale des alternances de croupes, avec parfois chaos de blocs, et d'alvéoles. Les cours d'eau n'entaillent pas la roche en place, leur lit, étant encombré de boules granitiques et de sable. Les alvéoles correspondant à des zones plus densément diaclasées, résulteraient d'une altération chimique différentielle, attribuée aux interglaciaires. Les phénoménes périglaciaires auraient effectué seulement un nettoyage partiel des versants. Les ruptures de pente des profils longitudinaux des cours d'eaux coïncident avec les roches plus massives. Elles n'ont pas reculé vers l'amont. On voit combien ces vues correspondent à celles que nous avons formulées à propos des Vosges. Nous inclinons seulement à penser que ces alvéoles, situées entre 400 et 600 mètres d'altitude, datent du Tertiaire et non du Quaternaire. Ces observations, effectuées indépendemment des nôtres confirment que l'essentiel du modelé de nos massifs anciens est tectonique et morphoclimatique et non cyclique.

cyclique, mais lithologique. Elles remontent aux climats chauds du Tertiaire et sont calquées sur des différences d'altérabilité des roches. Ensuite, au Quaternaire, la prédominance des systèmes d'érosion tempérés ou froids a permis leur réduction partielle, leur atténuation sauf dans le cas où elles ont été exagérées par les glaciers qui, comme les rivières intertropicales, sont particulièrement sensibles à la texture des roches et à la disposition de leurs diaclases. Le vieux massif vosgien, fortement remué par les dislocations quaternaires, nous apparaît ainsi sous un jour nouveau. Il en sera probablement de même de nombreux autres massifs anciens au fur et à mesure que la meilleure connaissance des processus actuels nous permettra de mieux mesurer les influences variées des climats successifs et de nous défaire de la fausse notion d'« érosion normale »[1].

[1] Ces documents nous ont été aimablement communiqués par M. MILLOT, Directeur du Service de la Carte géologique d'Alsace-Lorraine. Une bonne partie des observations sur lesquelles nous nous appuyons ont été faites par des étudiants de diplôme de géologie ou de géographie travaillant sous la double direction de M. MILLOT et la nôtre. Nous tenons à faire part à tous de nos chaleureux remerciements.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANGEBY (O.), 1951. — Pothole erosion in recent waterfalls (*Lund Studies in Geography*, sér. A, n° 2, 34 p.).

BAKKER (J.P.), 1957. — Quelques aspects du problème des sédiments corrélatifs en climat tropical humide (*Zeitschrift für Geomorph.*, I, p. 1-43).

CASTRO SOARES (L. DE). — Observações sobre a morfologia das margens do Baixo-Amazônas e Baixo-Tapajos (*Pará*, Brasil, 4 fig., 5 cartes).

DIAS DA SILVEIRA (J.), 1952. — Baixadas litorâneas quentes e umidas (Univ. S. Paulo, Fac. de Fil., Bol. n° 152, 224 p., 54 fig.).

GALVÃO (R.), 1955. — Introdução ao conhecimento da área maranhense abrangida pelo plano de valorizaçáo econômica da Amazônia (*Rev. Brasileira de Geogr.*, XVII, p. 241-299).

LEINZ (V.) et CARVALHO (A.M.), 1957. — Contribuição à geologia da Bacia de Sâo Paulo (*Bol. Fac. Fil. Univ. S. Paulo*, n° 205, 61 p., 3 cartes, h.-t.).

L.I.G.U.S. (J. TRICART, P. MICHEL et J. VOGT), 1957. — Oscillations climatiques quaternaires en Afrique occidentale (V^e Congrès INQUA, Madrid-Barcelone).

MACAR (P.), 1947. — Les chutes de l'Inkisi (Congo occidental) et leurs divers modes d'érosion (*Ann. Soc. Géol. de Belg.*, LXXXI, p. 38-51).

MARTONNE (E. DE), 1940. — Problèmes morphologiques du Brésil tropical atlantique (*Ann. de Géogr.*, XLIX, p. 1-27 et 106-129).

PELISSIER (P.) et ROUGERIE (G.), 1953. — Problèmes morphologiques dans le bassin de Siguiri (Haut-Niger) [*Bull. I.F.A.N.*, XV, p. 1-47].

PORTO DOMINGUES (A.), 1953. — Contribuição à geomorfologia dá area da fôlha Paulo Afonso (*Rev. Brasil. Geogr.*, XIV, p. 27-56).

ROUGERIE (G.), 1951. — Étude morphologique du bassin français de la Bia et des régions littorales de la lagune Aby (*Études éburnéennes*, n° 2, 108 p.).

TRICART (J.), 1955. — Types de fleuves et systèmes morphogénétiques en Afrique occidentale (*Bull. Sect. Géogr.*, Com. Trav. Hist. et Sc., LXVIII p. 303-345, 21 pl.).

TRICART (J.), 1957. — Comparaison entre les conditions de façonnement des lits fluviaux en zone tempérée et zone intertropicale (*C.R. Ac. Sc.*, CCXLV, p. 555-557).

TSCHANG TSI LIN, 1957. — Potholes in the river beds of North Taiwan (*Erdkunde*, XI, p. 296-303).

FIG. 1

Gneiss pourri sur le versant d'une alvéole, Nova Friburgo (Brésil). Conservation de la disposition texturale du gneiss, mais matériel parfaitement meuble, ne pouvant absolument pas fournir de galets. Les blocs, en haut et à gauche, appartiennent à une formation de pente de climat sec, quaternaire.

FIG. 2

Barre entre deux alvéoles, gorge de Mury, Nova Friburgo (Brésil). Ces rapides se placent à quelques kilomètres en amont de la vue précédente, dans des gneiss en filons, très compacts. Forte pente et étroitesse de la vallée. Mise à profit de zones faibles et excavation de marmites.

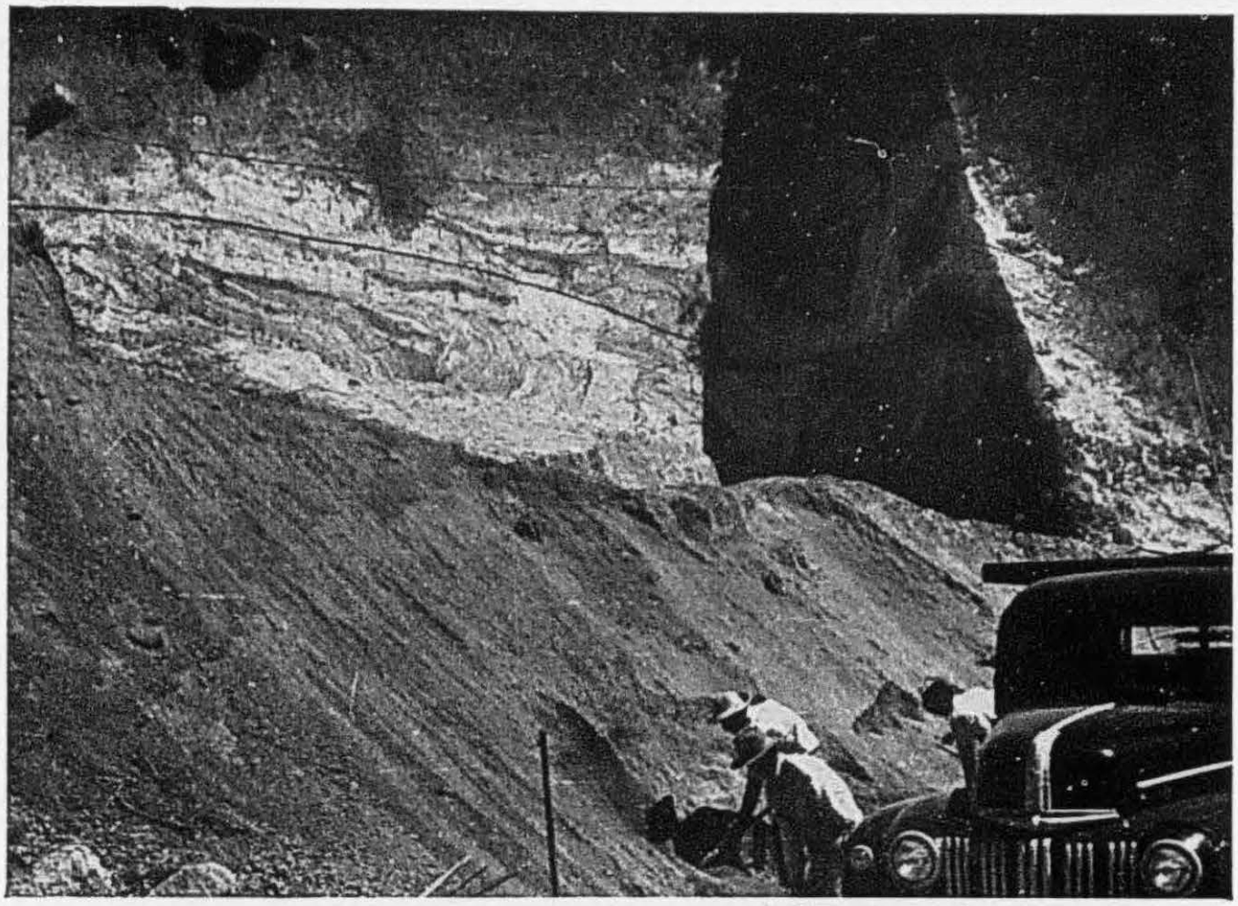

FIG. 1

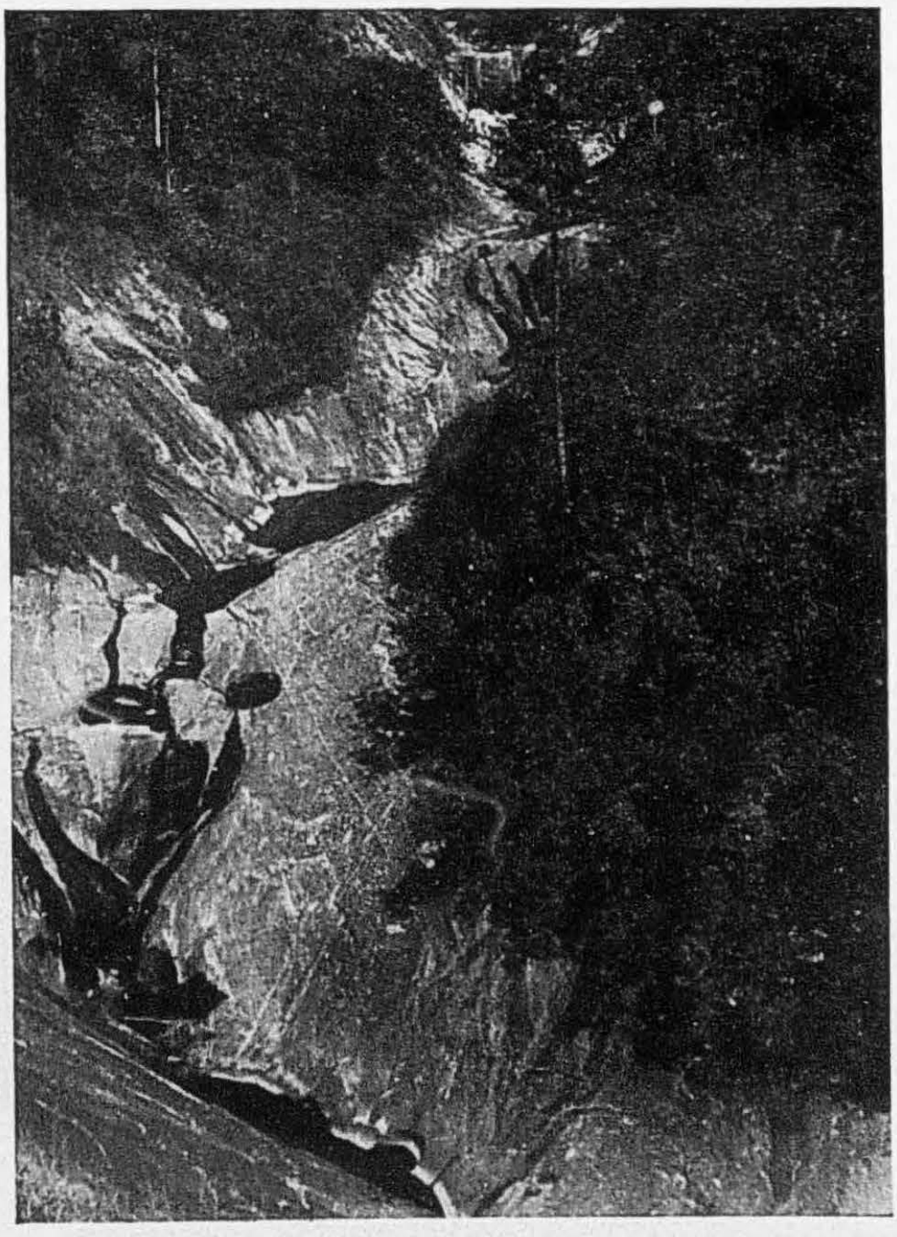

FIG. 2

FIG. 3

Marmites coalescentes dans le gneiss, lit du Paraiba (Brésil), en amont d'Anta. L'axe des marmites est incliné vers l'aval (droite), et l'élargissement de la base apparaît nettement. Les deux marmites communiquent, au niveau de l'eau, par un trou. A droite, marmites coalescentes étagées, guidées par des diaclases.

FIG. 4

Marmites coalescentes et cloisons en draperies, Anta, lit du Paraiba (Brésil). Gneiss. Noter la forme aiguë des crêtes des draperies, possible seulement grâce au polissage par le sable et en l'absence de processus de fragmentation efficaces.

FIG. 3

FIG. 4

FIG. 5

Marmites coalescentes dans les grès paléozoïques, rapides de la Faya, près Bamako Soudan). Marmites étagées, avec élargissement basal. Matériel peu abondant et fin. La roche est trop peu résistante pour donner des draperies aiguës.

FIG. 6

Marmites coalescentes dans des grès durs, rapides de Sotuba (Bamako). La dimension est supérieure à celle des marmites de la photo 5 et les formes sont plus régulières. Les marmites entaillent la surface d'une dalle régulière. On devine des subdivisions de marmites et l'élargissement vers le fond.

FIG. 5

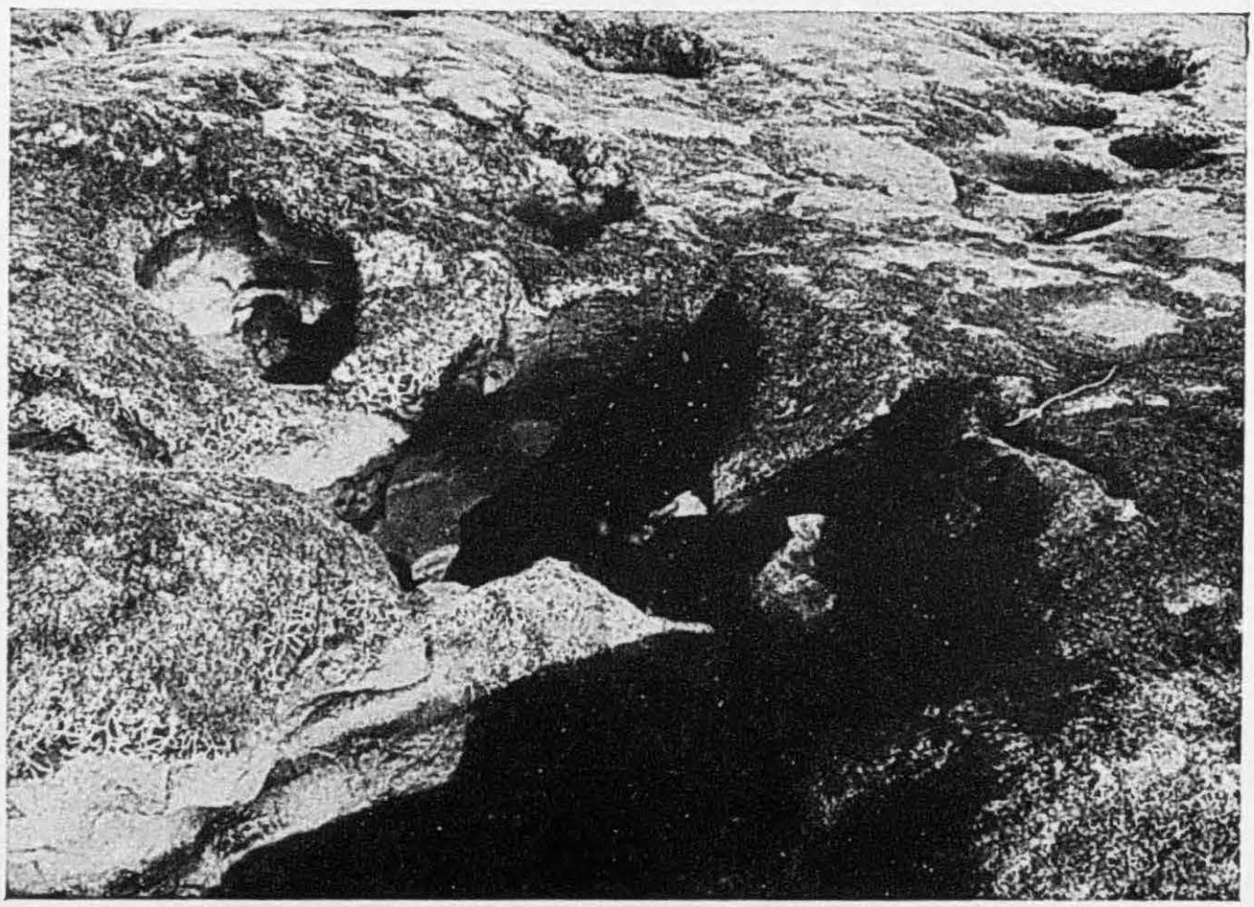

FIG. 6

FIG. 7

Affaissement de ponts entre marmites coalescentes, Sotuba, près Bamako. Noter le bloc affaissé et basculé au centre-gauche. Ces marmites sont fortement influencées par les diaclases.

FIG. 8

Marmites coalescentes dans un grès tendre, la Faya, près Bamako. Noter les crêtes de recoupement aiguës et la finesse du matériel contenu par la première marmite : des gravillons ferrugineux. Cette première marmite, au bord d'une dalle, est due à l'impulsion latérale.

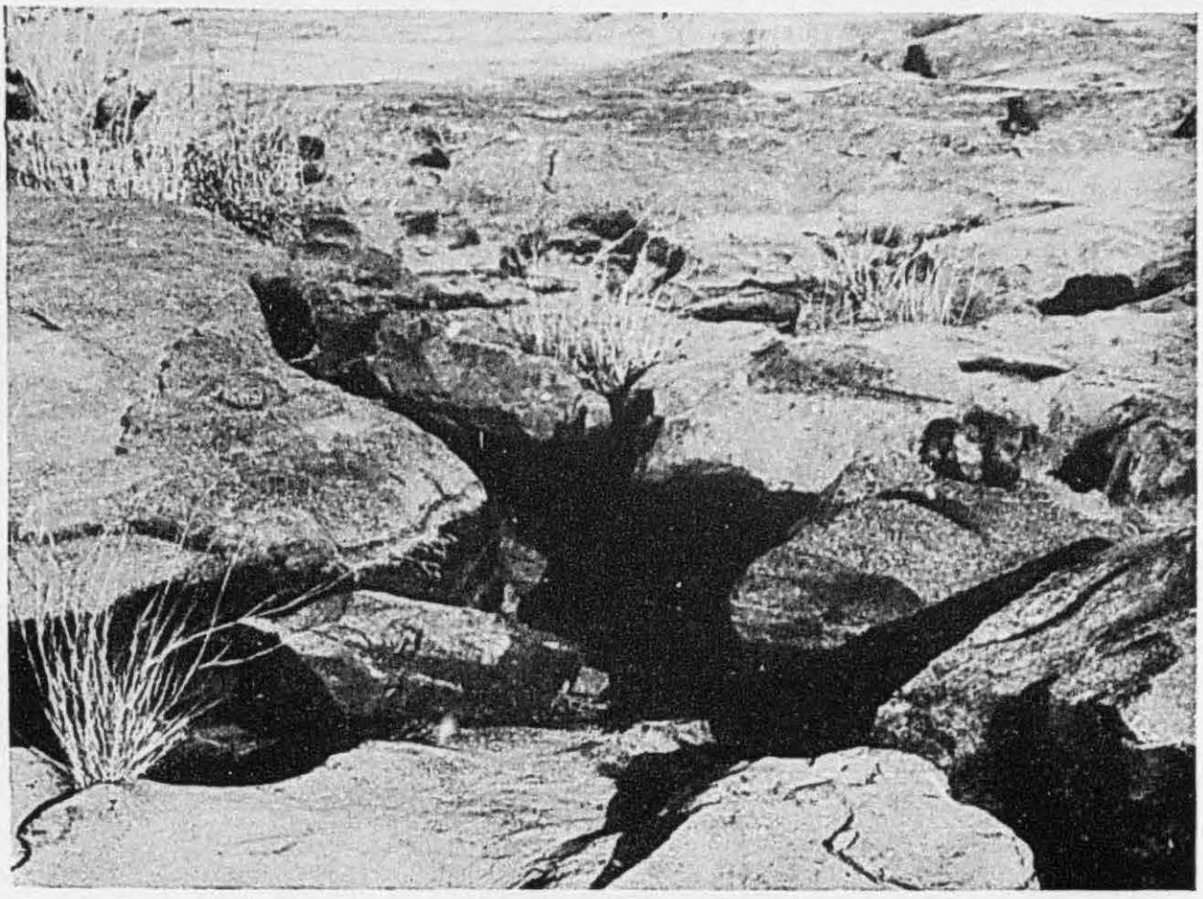

FIG. 7

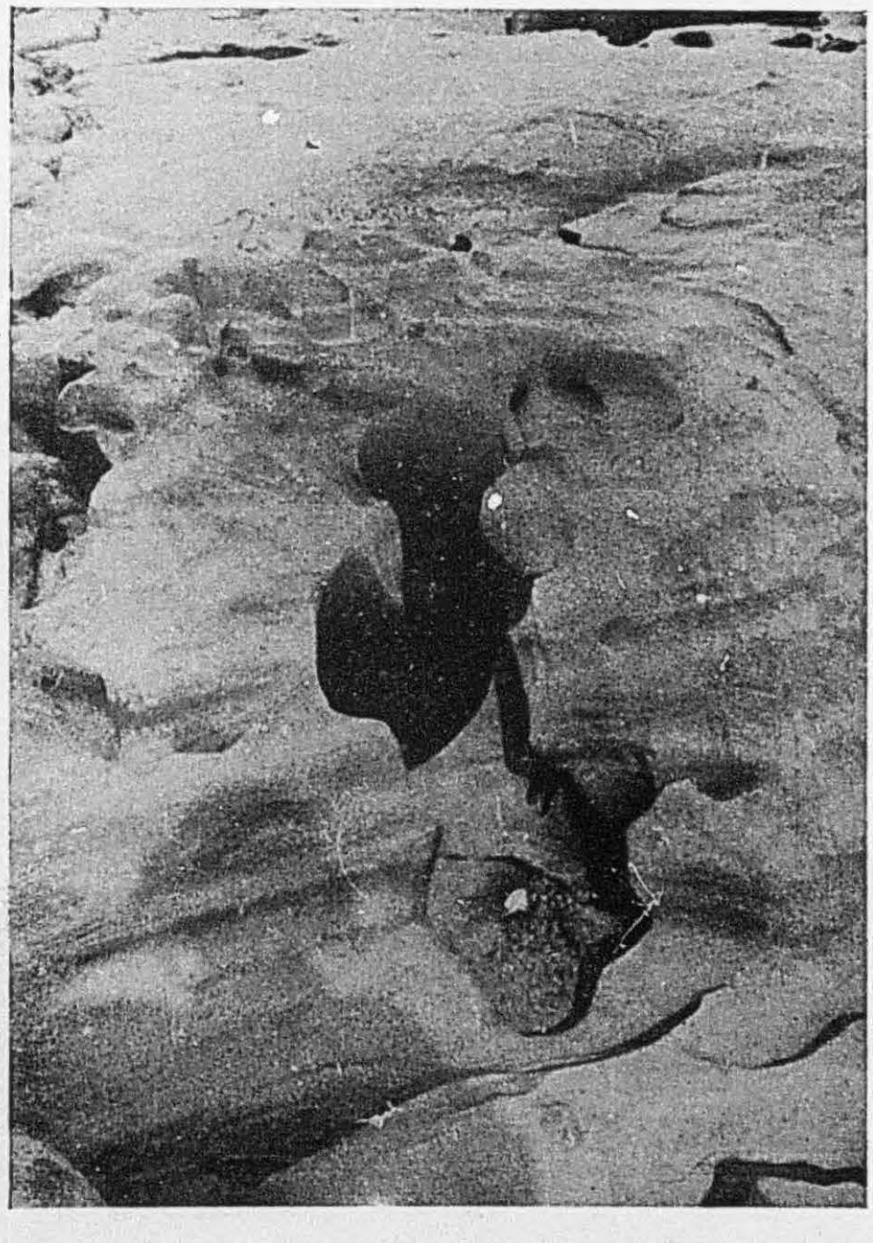

FIG. 8

FIG. 9

Marmites d'impulsion latérale, Sotuba, près Bamako. Grès ordoviciens résistants, mais lités. La vue, prise en mars, en basses eaux, est centrée sur un canyon. Noter l'aspect tourmenté des parois, formé par des demi-marmites d'impulsion latérale. De gros blocs, détachés par élargissement des diaclases, se sont écroulés dans le canyon.

FIG. 10

Trace d'un délogement de bloc délimité par des diaclases, dans les grès, Sotuba (Bamako). Les marmites du centre du cliché ont été coupées en deux par le départ du bloc.

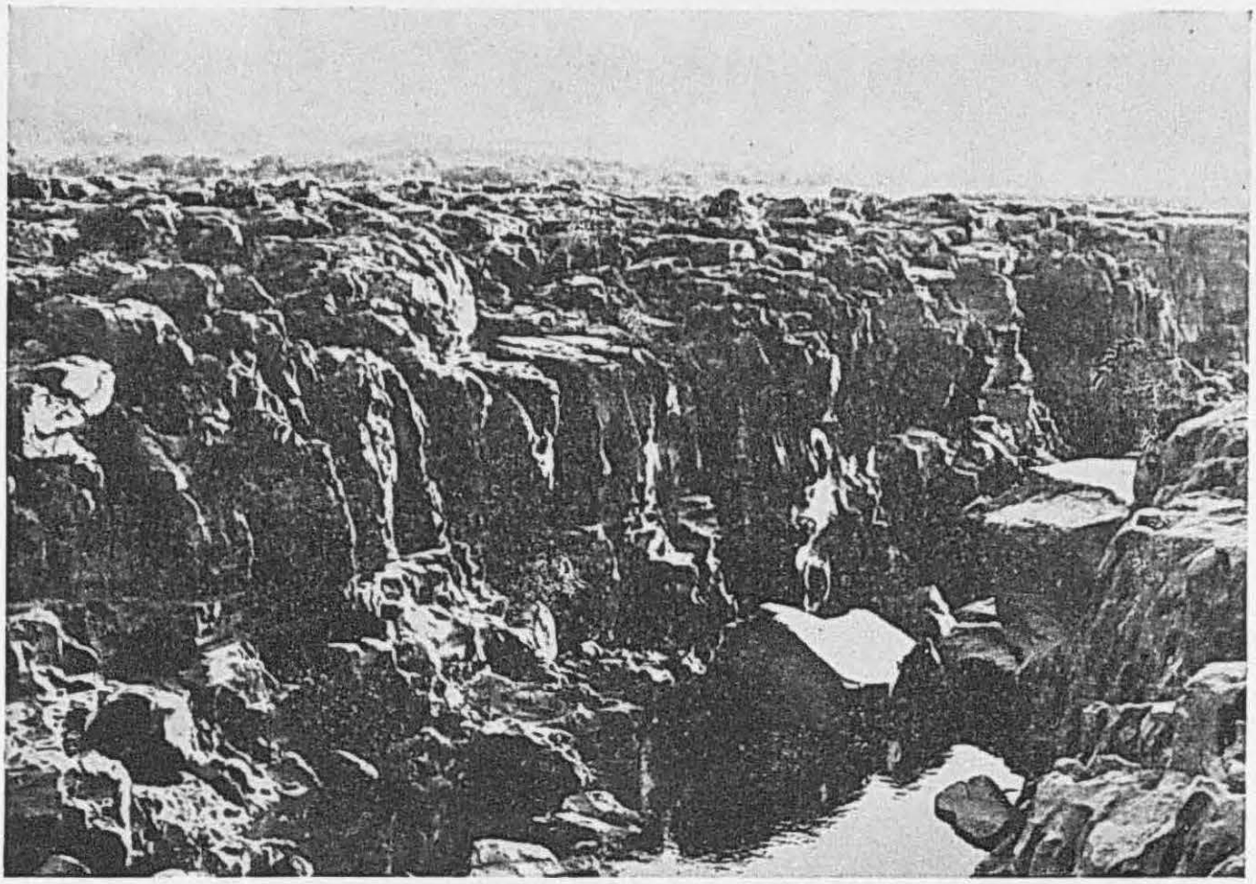

FIG. 9

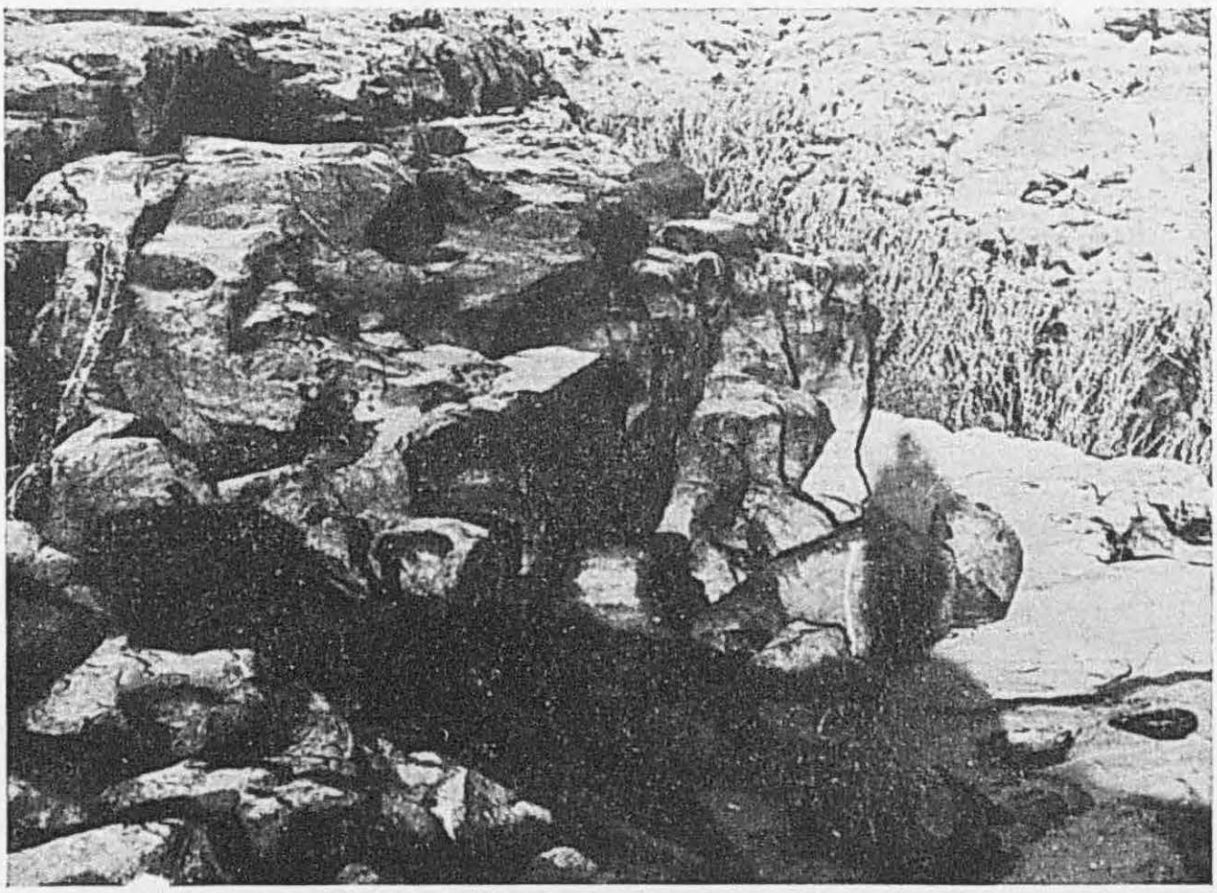

FIG. 10

FIG. 11

Taraudage d'un gradin structural par les marmites au bord d'un canyon, Sotuba. Au premier plan, marmites d'impulsion latérale, de même qu'au fond. La surface de la dalle dégagée par le départ de quartiers de roche, se réduit par recoupement de marmites coalescentes. La stratification très nette favorise ici cette évolution.

FIG. 12

Cannelures en ripple-marks et sillon à méandres à la surface d'une dalle de grès tendue unie, rapides de la Faya (Soudan). Noter la netteté de la sculpture, le nettoyage de la diaclase perpendiculaire à l'écoulement, la petitesse des débris roulés (centre du cliché), la présence de fragments de grès anguleux, se désagrégeant avant d'avoir le temps de s'user (coin supérieur droit).

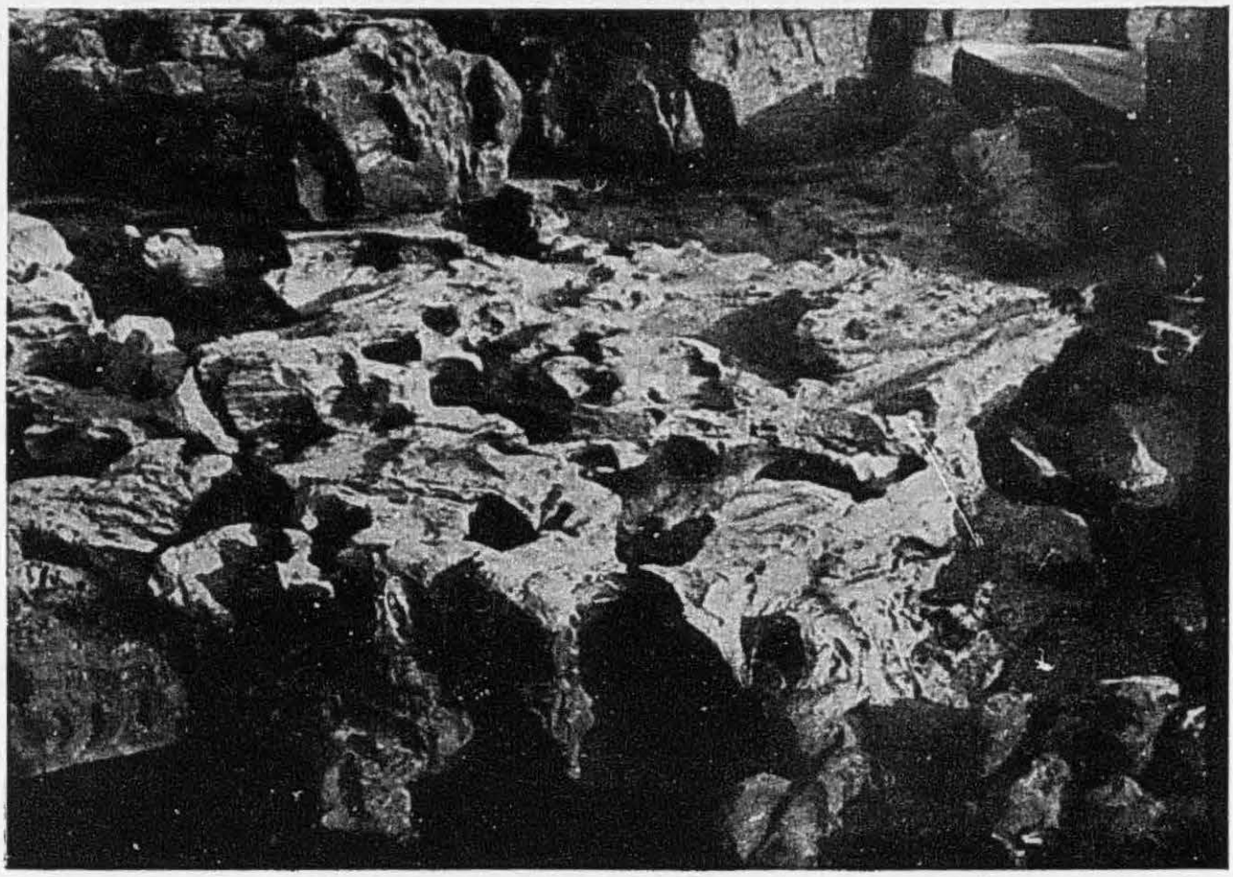

FIG. 11

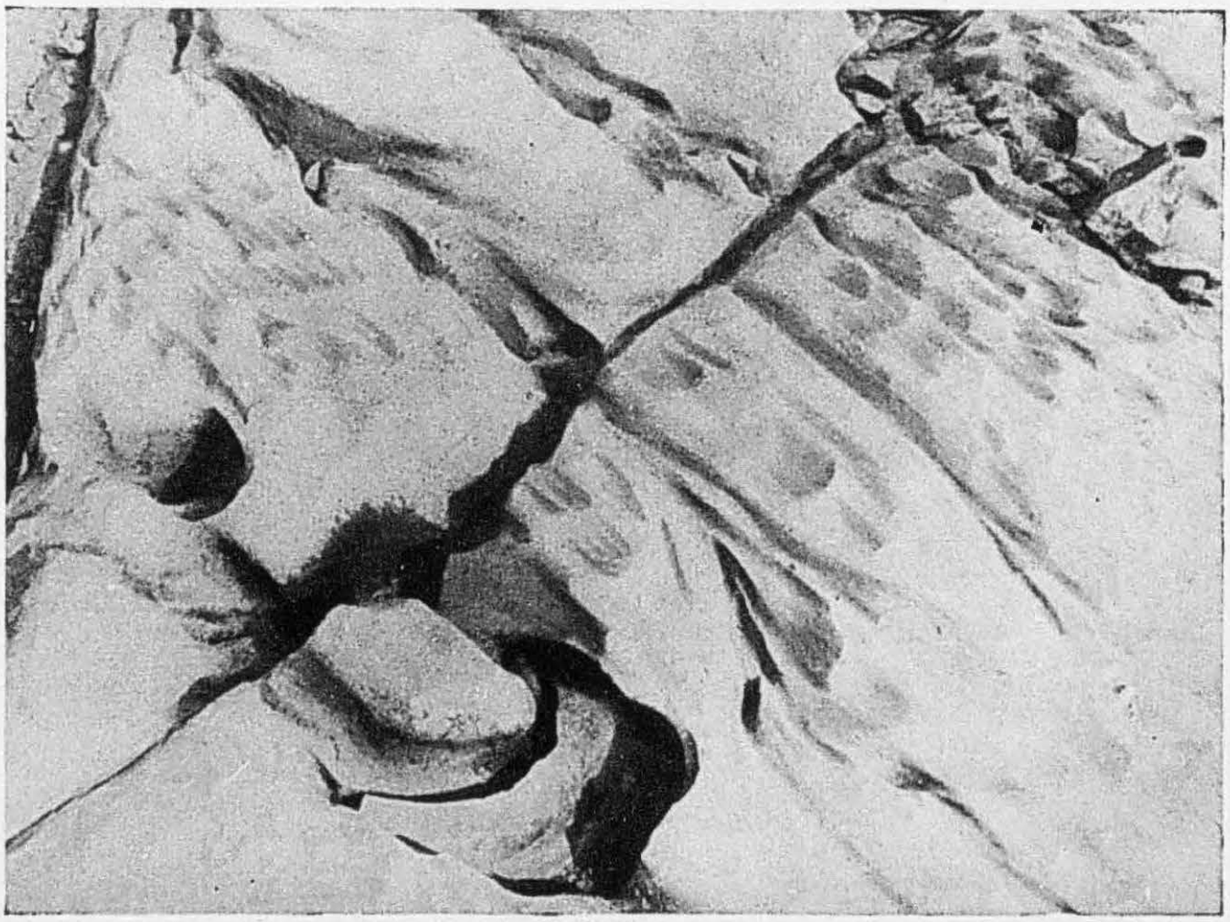

FIG. 12

FIG. 13

Cannelures à la surface de la dalle de grès tendres, la Faya. Combinaison de sillons faiblement convergents et de rides. Fin guillochage de certains sillons. Vue prise vers l'amont, obliquement.

FIG. 14

Polissage hydrodynamique de granite à grain fin, Salto (S Paulo, Brésil). Vue prise obliquement vers l'aval. Formes particulièrement déliées, d'une harmonie mathématique. Le reflet brillant est dû à l'enduit ferrugineux superficiel.

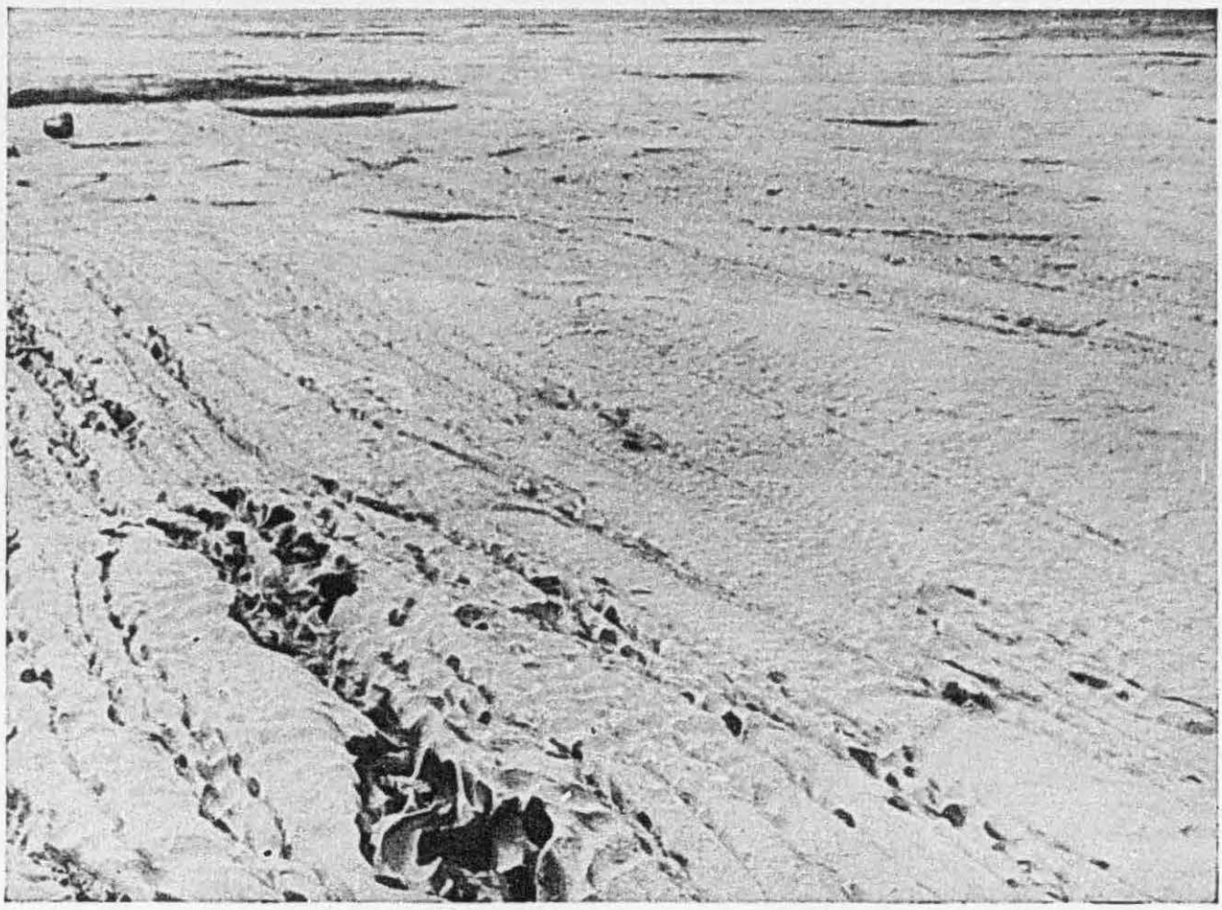

FIG. 13

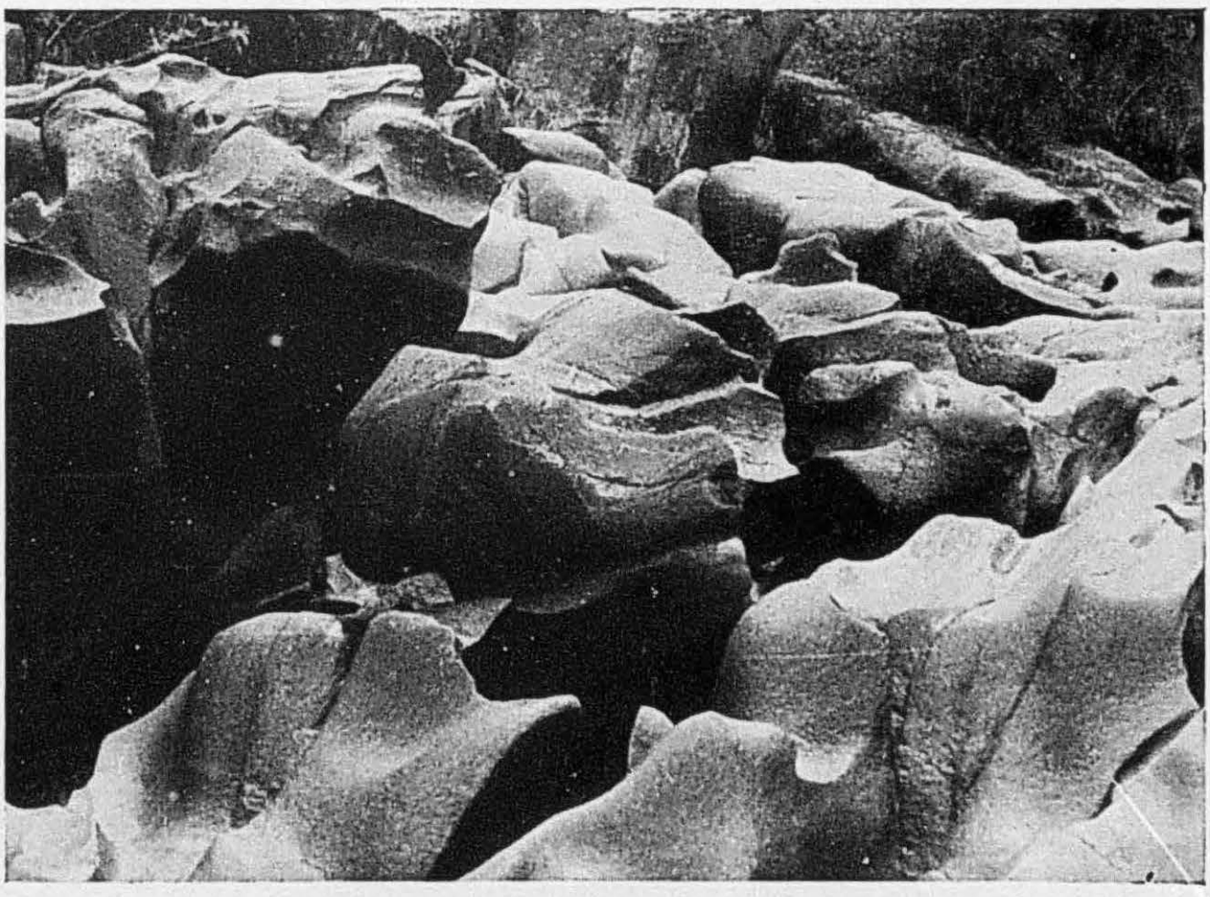

FIG. 14

FIG. 15

Démantèlement de gneiss très lités et verticaux, près d'Alem Paraiba (Minas Gerais, Brésil). Les bancs sont détruits et libèrent des blocs de 1 mètre environ, qui restent anguleux, l'altération les délitant avant qu'ils aient le temps de s'user. Pas de galets. Rares marmites, dont le développement est gêné par le démantèlement des bancs.

FIG. 16

Rapides du Paraiba, en aval de Sabucaia (Rio de Janeiro, Brésil). Incision de gneiss verticaux très feuilletés, passant aux micaschistes. Le lit se calque étroitement sur la structure, le coude du premier plan correspondant à une diaclase. Cette roche peu résistante mécaniquement du fait de son litage très marqué, est démantelée aisément mais libère seulement des quartiers de roche, réduits ensuite immédiatement en sable, sans passer par l'intermédiaire des galets, comme le montre l'accumulation de crue du premier plan.

FIG. 15

FIG. 16

FIG. 17

Résistance d'enduits ferrugineux, rapides de Tossaye, sur le Niger. La dalle de grès a été desquamée et la surface actuelle s'établit vers la base des marmites qui l'incisaient auparavant. Les fonds de ces marmites, renforcés par l'enduit ferrugineux résistent mieux que le grès et restent légèrement en relief.

FIG. 18

Marmite partiellement exhumée, rapides de Sotuba. Dans le fond de la marmite, contre sa paroi, reste de pierrailles à peine usées cimentées par l'oxyde de fer, qui a fossilisé la marmite lors d'une phase scène récente et a été presque entièrement enlevé depuis. On notera l'allure surplombante des bords de la marmite.

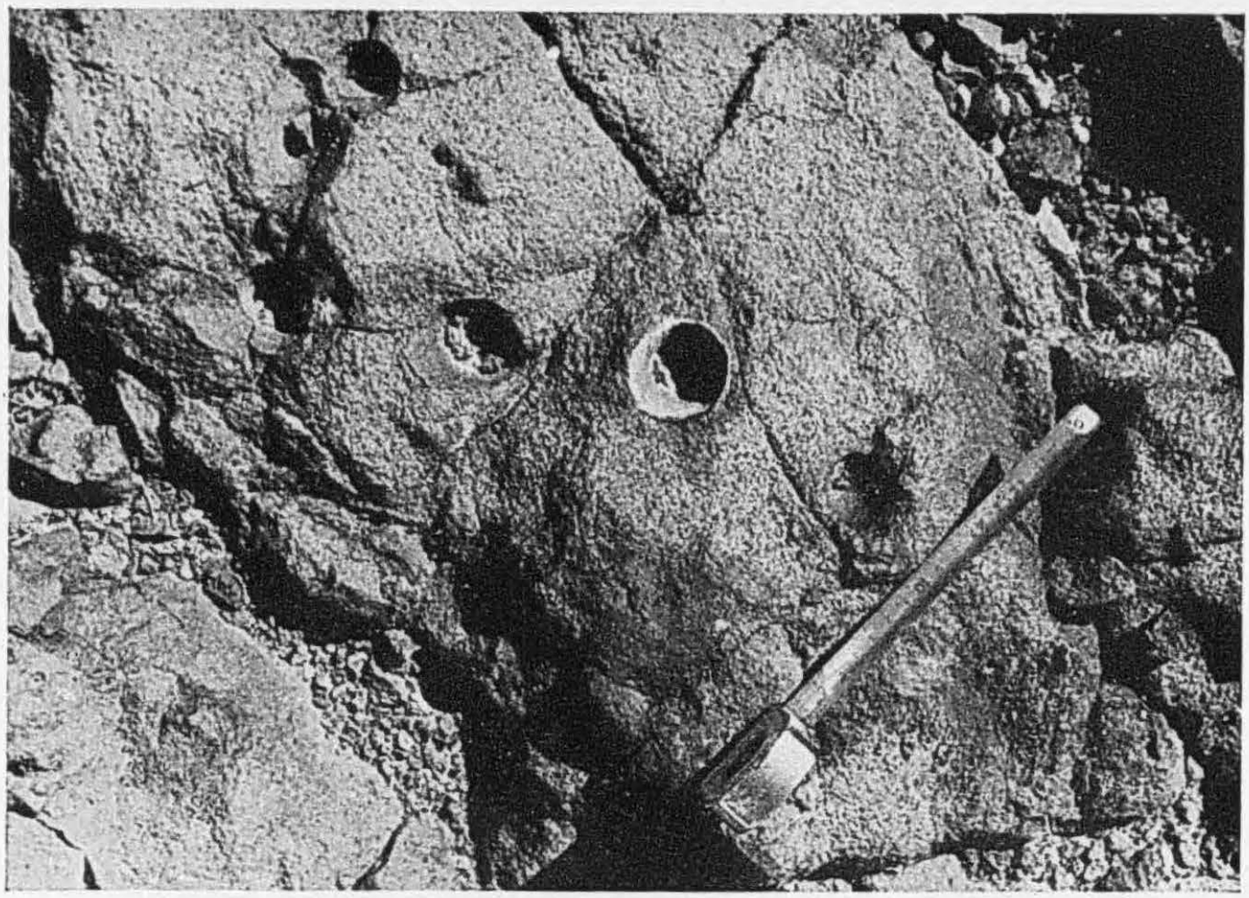

FIG. 17

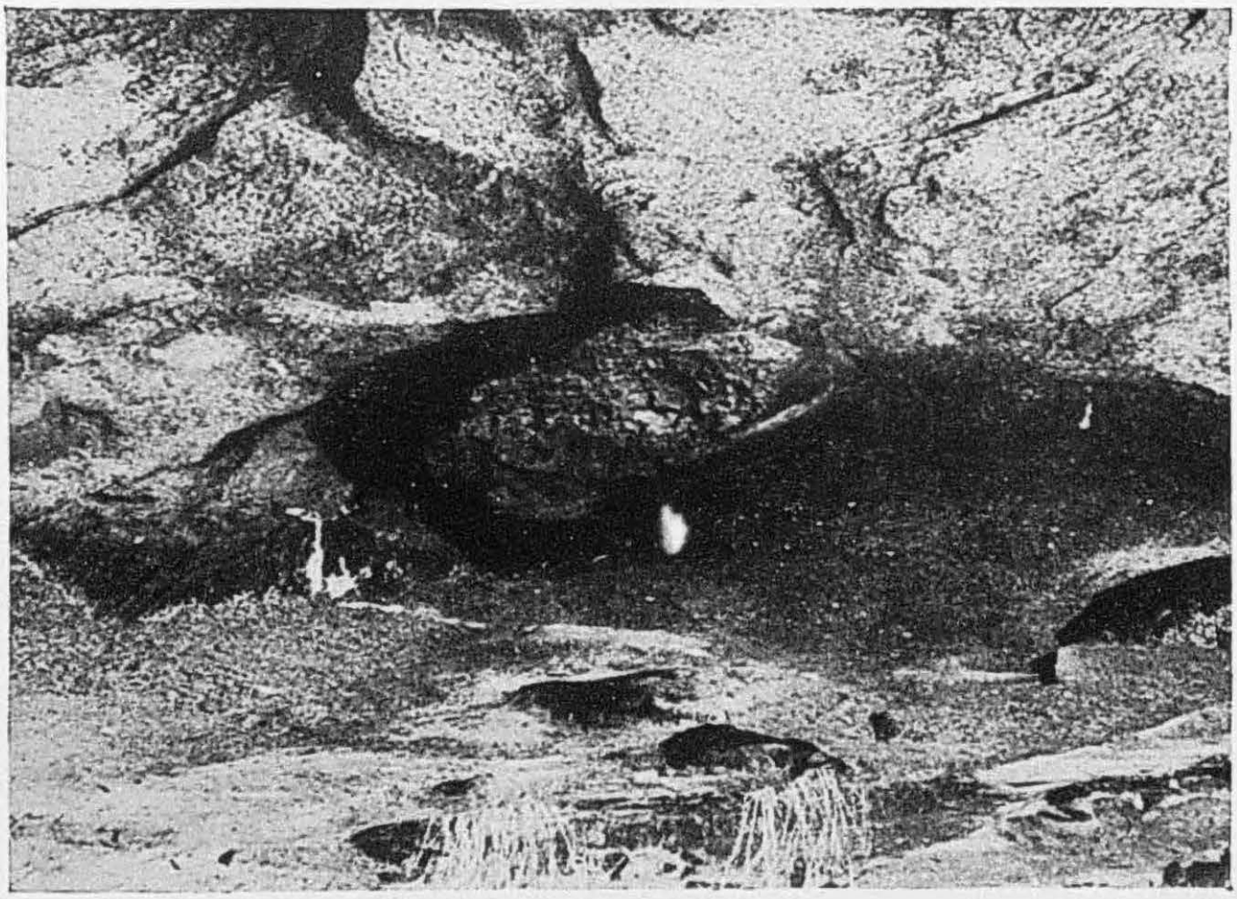

FIG. 18