

UNE MONTAGNE TROPICALE LES NILGHIRI (INDE DU SUD)

A la mémoire de mon Maître EMM. DE MARTONNE, pionnier de la géomorphologie tropicale.

Les Monts des Nilghiri ⁽¹⁾ se trouvent au Sud de l'Inde et ils culminent à 2638 m, de telle sorte qu'ils sont, après leur voisin les Anamalai, le massif le plus élevé du Deccan. Ils consistent en un gros horst ⁽²⁾ à sommet mamelonné, entouré d'escarpements vertigineux. Au Nord les Nilghiri paraissent soudés au plateau de Mysore (900 m) malgré l'étroit fossé tectonique de la Moyar (fig. 1). Au Sud ils dominent, comme un donjon, la «trouée» de Palghat: celle-ci est un large créneau à fond plat qui unit les basses collines du Kerala, à l'Ouest, à l'immense pédiplaine de Coimbatore, à l'Est.

Cette région pose de passionnants problèmes de géomorphologie classique — les rapports entre surfaces d'érosion, par exemple — mais aussi des problèmes non moins intéressants de milieu géographique ou, comme disaient déjà nos

⁽¹⁾ Le présent article expose les résultats partiels d'une mission du CNRS effectuée en Inde au printemps de 1972, le compte-rendu général devant être publié dans le cadre du CEGET de Bordeaux. Je remercie tout spécialement M. Legris, Directeur de l'Institut français de Pondichéry, pour son aide efficace, et mes compagnons de tournée, MM. Caratini, Fontanel et Mottu, notre chauffeur.

⁽²⁾ Le massif des Nilghiri est un morceau du socle archéen de l'Inde péninsulaire. Il est constitué pour l'essentiel de charnockite, une roche métamorphique «ultra», riche en grenat et en hypersthène, et associée à des leptynites. Mais on trouve aussi des granito-gneiss sur le versant nord, et d'autres roches. Voir M. S. KRISHNAN, *Geology of India and Burma*, Madras, Higginsbothams Ltd, 1968.

anciens, de «paysages». Les Nilghiri, à 11 degrés de latitude nord, sont évidemment un massif tropical. Mais pas n'importe quel massif tropical, car ils sont placés exactement au contact de deux milieux bioclimatiques radicalement opposés. A l'Ouest

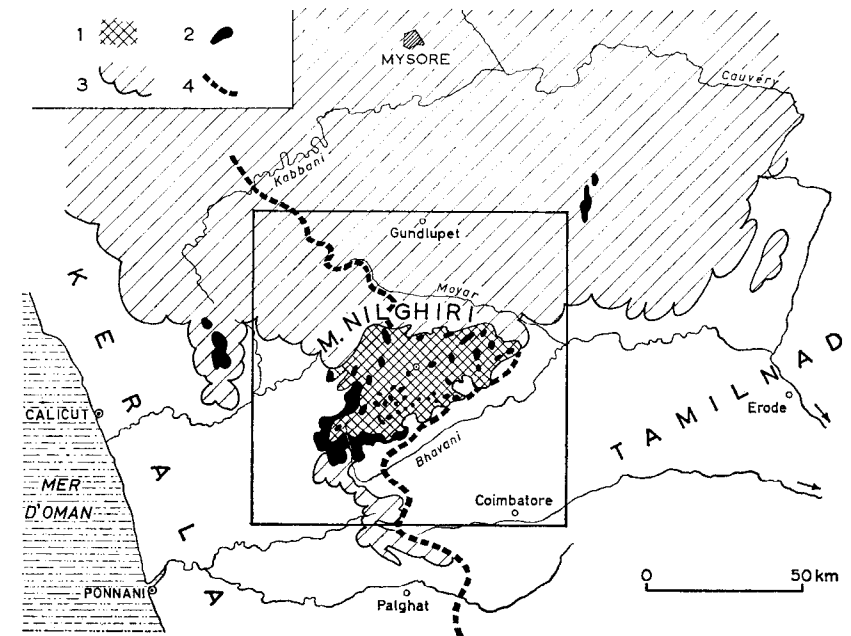


Fig. 1 — Croquis de localisation (éléments empruntés à la Carte internationale du tapis végétal, feuille Cap Comorin). Culminant à plus de 2600 m d'altitude, les Monts Nilghiri sont un milieu géographique typiquement montagnard, avec des prairies d'altitude (1) et des plaques de forêts résiduelles ou «sholas» (2). Mais leurs versants sont très contrastés car ils sont situés d'une part au contact du plateau de Mysore (3) et de la «trouée» de Palghat, plus basse; d'autre part au contact des forêts humides de l'Ouest et des fourrés épineux de l'Est (4, ligne de séparation de ces deux milieux). Le carré localise la figure 2.

et au Sud-Ouest leurs versants sont exposés de plein fouet à la mousson d'été, de telle sorte qu'ils reçoivent des pluies considérables tandis que leurs versants nord et nord-est, défilés, sont quasiment semi-arides. Il sera utile de rechercher toutes les conséquences de ce contraste climatique majeur. Enfin les sommets du horst constituent un milieu frais,

original, et pour lequel nous avons la chance de disposer d'une documentation biogéographique précise (3).

Le plan de l'exposé se dessine donc de lui-même: versants humides, versants secs, régions sommitales fraîches.

I — LES VERSANTS HUMIDES

Les failles qui équarissent le massif à l'Ouest et au Sud-Ouest ne sont pas faciles à observer à cause du couvert végétal. On devine néanmoins plusieurs gradins, non compris les avant-massifs situés au Sud de la Bhavani. Ces failles ont non seulement disloqué le relief sur plus de 2000 m de rejet mais elles ont, simultanément, désorganisé un ancien réseau hydrographique. Par exemple la Haute Bhavani: après 17 km de cours, elle se dirigeait autrefois vers le Kerala et la mer d'Oman tandis que maintenant, tranchée par une faille, elle s'oriente vers le Nord-Est et la mer du Bengale. Le col de capture est bien visible sur la figure 2.

α) Au pied occidental des Nilghiri les basses collines du Kerala appartiennent à un type de milieu assez fréquent sur les bords de l'Océan Indien: la mousson apporte 3 m de pluie, le sol est un épais latosol rouge couronné de cuirasses, la végétation naturelle consiste en résidus de forêt dense sempervirente, l'empreinte de l'homme (rizières, cocoteraies, bois d'aréquier) est partout présente.

Mais l'abrupt occidental du massif montagneux provoque une augmentation considérable des *précipitations*. Il la provoque essentiellement par son commandement topographique, de plus de 2000 m en 6,5 km, mais aussi parfois par sa forme en plan. L'entonnoir de la haute Punna Puzha, par exemple, contraint la mousson à converger. Les abats deviennent alors

(3) Voir F. BLASCO, *Montagnes du Sud de l'Inde, forêts, savane, écologie*, thèse, *Trav. Inst. Fr. Pondichéry*, 1971, 436 p. Nous le suivrons de très près pour l'analyse des formations végétales. En dehors de cet ouvrage il semble bien qu'il n'existe rien de fondamental pour le géographe. On trouverait probablement des informations très utiles dans PRABHAKARA RAO P., *Geology of Nilghiri district*, 1968, et dans RANGA-NATHAN K., *Geology of part of Nilghiri district*, 1967. Mais ce sont des rapports non publiés du Geological Survey of India.

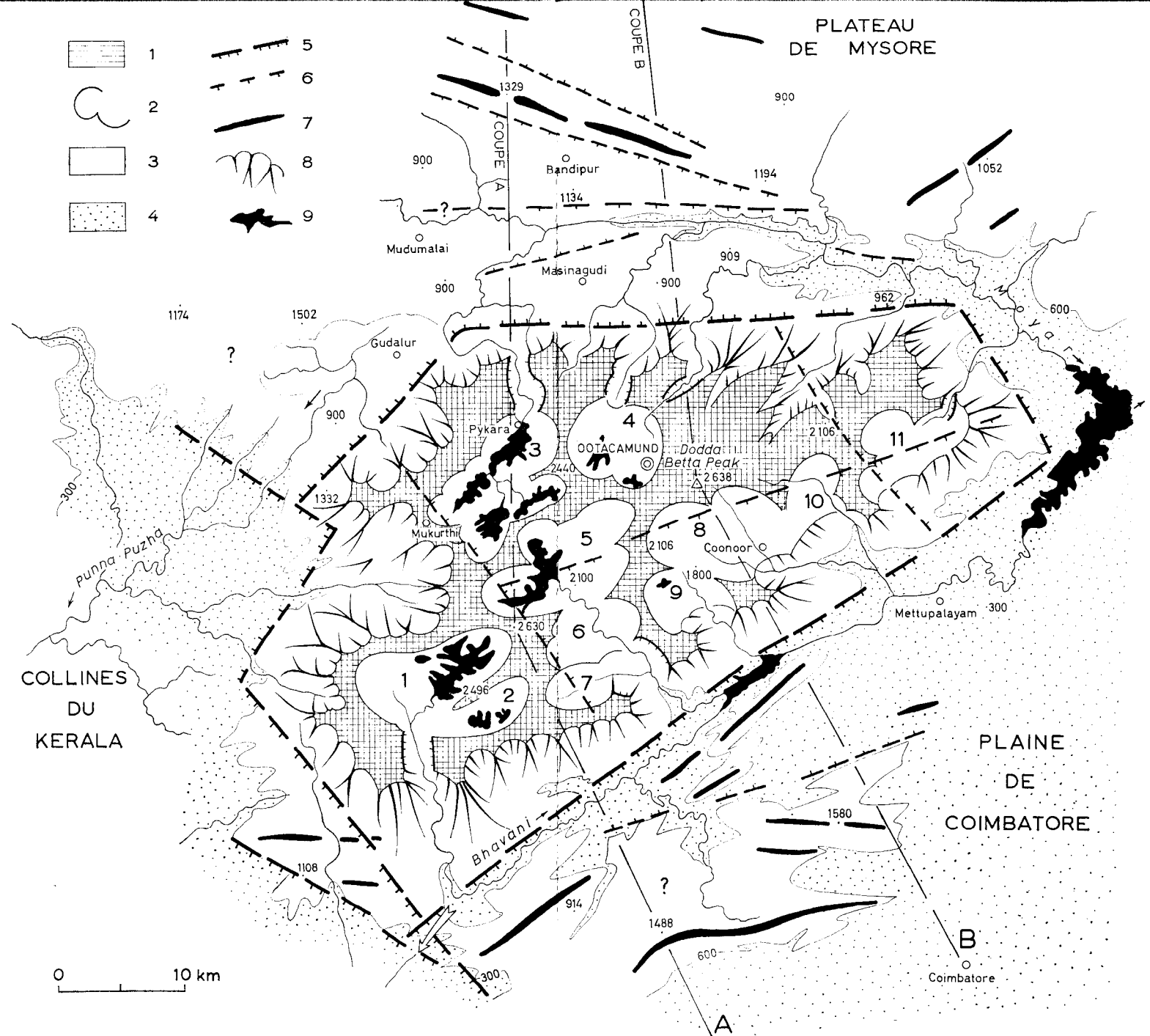


Fig. 2.—Morphologie des Monts Nilghiri. Levé personnel. 1, Hautes surfaces des Nilghiri; 2, «ouches» et bassins; 3, surface de Mysore; 4, plaine de Coimbatore (limitée par l'isohypse de 600 m) et collines du Kerala (limitées par l'isohypse de 300 m); 5, faille à fort rejet; 6, faille à faible rejet; 7, crête de structure indéterminée; 8, versants profondément ravinés; 9, réservoir artificiel. Les «ouches» et bassins, qui sont l'élément le plus original du sommet du horst, ont été numérotés de la façon suivante: 1, Haute Bhavani; 2, Onnemund; 3, Mukurti; 4, Ootacamund; 5, Avalanchi; 6, Kundapallor; 7, Hiriya Shige; 8, Coonor et Wellington; 9, Kolakambe; 10, Naduhati; 11, Kotagiri. Les trajets des coupes A et B (voir figure 3) ont été dessinés. Une flèche creuse passe par le col de capture de la Haute Bhavani. Cette carte morphologique n'est, évidemment, qu'une première approximation.

gigantesques. On enregistre 5 à 6 m de moyenne vers 2000 m, et le pluviomètre de Mukurti Ridge Top, à 2075 m, a recueilli 9,80 m d'eau en 1959... Ces pluies sont d'ailleurs relativement concentrées dans le temps: l'ensemble du versant peut recevoir plus de 2 m en un mois, et la même station de Mukurti Ridge Top a totalisé près de 5 m en juillet 1959... Il reste tout de même 3 à 4 mois de saison vraiment sèche. Mais l'effet d'assèchement est alors atténué par la présence des nuages d'après midi, car ce versant est un ubac tropical.

b) Naturellement l'étagement des milieux n'est pas dû seulement à la pluviométrie mais aussi, et surtout, à la température. Le gradient est de 0°52 en saison des pluies et de 0°62 en saison sèche. La base des Nilghiri émerge donc des *tierras calientes* vers 800 m selon BLASCO, là où la température annuelle moyenne est d'environ 20°. On reconnaît, au-dessous, là où l'homme ne l'a pas détruite ou modifiée, la forêt dense ombrophile à Diptérocarpacées, Guttifères, Sapotacées et Malvacées. Mais cet étage basal ne concerne que fort peu notre sujet.

L'étage suivant est assimilable aux *tierras templadas* des Tropiques américains. Il s'étend de 800 m à 1900 m environ, c'est-à-dire de l'isotherme 20° à l'isotherme 15°. Les précipitations y avoisinent 4 m et c'est à partir de cet étage qu'elles peuvent dépasser 2 m en un mois. Un premier sous-étage végétal prolonge jusque vers 1400 m environ la forêt sempervirente basale, quoique en un peu plus pauvre floristiquement. C'est l'altitude optimale pour les plantations de théiers. Le second sous-étage voit les arbres diminuer de taille; leurs troncs et leurs branches sont plus tortueux; il y a deux strates bien distinctes et les Lauracées et les Myrtacées commencent à s'affirmer alors que disparaissent les Diptérocarpacées. Mais l'ensemble de l'étage, malgré ses nuances, conserve une forte unité du point de vue du géographe; les sols sont encore ferrallitiques, c'est-à-dire perméables, mais ils sont fortement lessivés, et leur horizon superficiel est plus humique qu'en plaine.

Un changement radical survient aux alentours de 1900 m et annonce les *tierras frias*: les températures continuent de baisser, les précipitations continuent d'augmenter, les vents

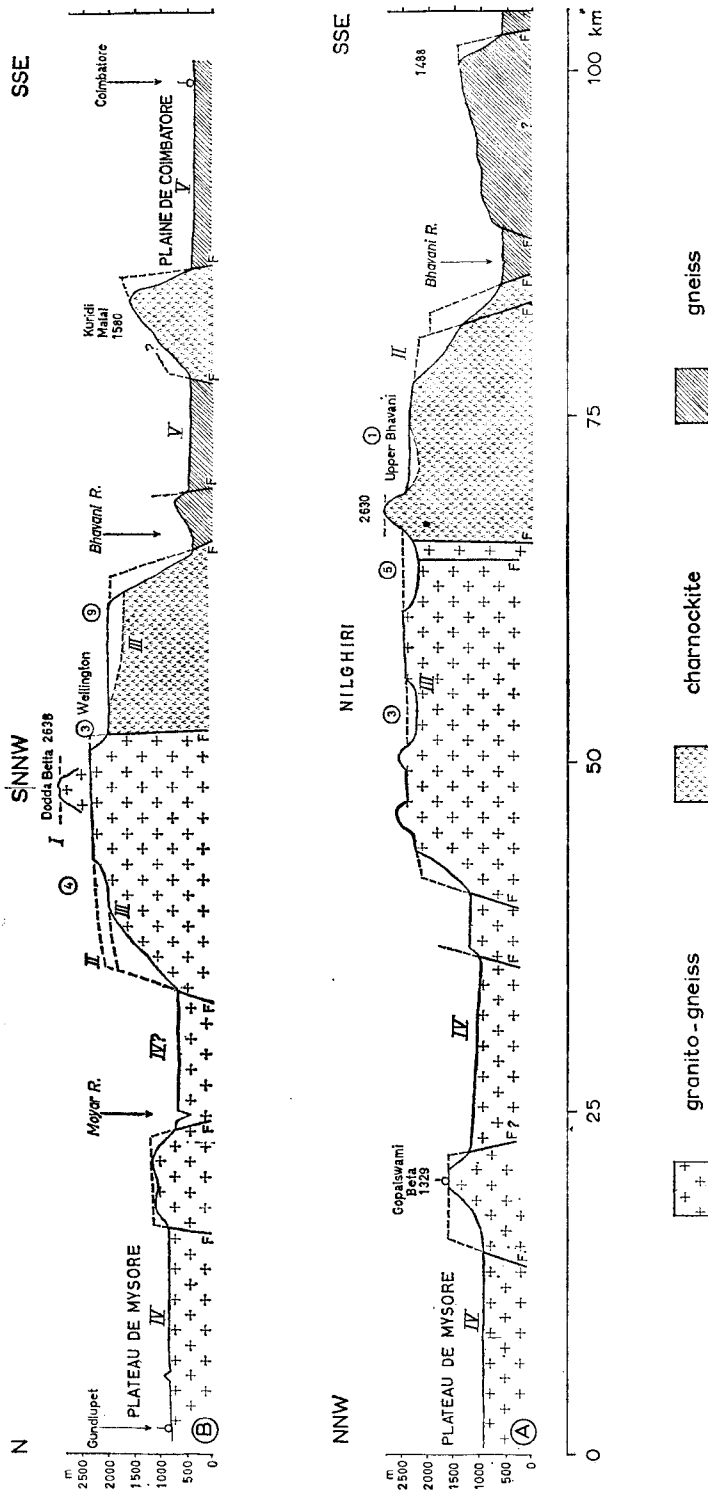


Fig. 3 — Coupes à travers les Nilgiri. Le horst de charnockite fait saillie au-dessus des plateaux de gneiss aplanis. On a porté sur le dessin les éléments analysés dans le texte: I, résidus de la surface des sommets; II, surface des plateaux et des replats; III, niveau des ouches et bassins; IV, pédiplaine de Mysore; V, pédiplaine de Palghat-Coimbatore. Les cuvettes portent les mêmes numéros que dans le texte et sur la figure 2. Il est évident que les grandes failles sont postérieures au façonnement de ces cuvettes. On ignore encore les rapports génétiques et chronologiques de ces divers emboitements.

se déchainent, et en même temps la pente topographique s'adoucit: c'est le milieu des hautes terres, que nous étudierons dans notre troisième partie.

c) L'étage 800-1900 m peut donc être considéré comme le plus caractéristique de ce versant. A priori les énormes tranches d'eau qui l'inondent devraient déclencher un ruissellement très agressif, et un examen superficiel des formes tendrait à confirmer cette déduction: le versant est zébré de *profonds ravins* où coulent de violents débits à la saison des pluies. Visibles sur le terrain, ces ravins apparaissent non moins nettement sur la carte au 1:253 440, pour imparfaite quelle soit. Un rapide curvimétrage du versant occidental, entre le coude de la Haute Bhavani et les sources de la Punna Puzha, montre que la courbe de 3000 pieds (= 900 m) est plus longue de presque 20 % que les courbes de 2000 et de 4000 pieds, ce qui prouve un énergique creusement de l'aval des systèmes torrentiels. En réalité il ne s'agit pas d'érosion torrentielle: ces ravins sont des couloirs creusés dans l'altérite et jusqu'à la roche lisse par les *glissements de terrain*, et les eaux de ruissellement ne font que les utiliser, puisqu'ils existent déjà. L'altération, donc les ravins, est naturellement guidée par les lignes de faiblesse du socle cristallin, lignes obliques par rapport au plan de faille.

On notera aussi que ce versant occidental des Nilgiri ne ressemble pas au rebord de la Serra do Mar dans l'arrière-pays de Rio de Janeiro. La nature gneissoïde de la roche fait que le rebord de la Serra do Mar est accidenté de pains de sucre et d'aiguilles, formes que l'homogénéité des charnockites exclut, dans cette partie des Nilgiri. Par contre le gradin de Devala-Mapadi, peu incliné et constitué de granito-gneiss, est fait de collines convexes assez comparables aux *meias laranjas* des environs de Rio.

II — LES VERSANTS SECS

C'est un tout autre milieu que l'on observe sur le versant nord des Nilgiri, au-dessus de la Moyar, et sur leur versant sud-est, au dessus de la Bhavani.

a) En effet la masse de la montagne constitue un obstacle efficace à la propagation de la mousson (laquelle, d'ailleurs, s'arrête très vite d'elle-même dans la trouée de Palghat). La preuve en est que, à Coimbatore, la saison des pluies se place en automne alors que l'été est sec. Il a été récemment démontré (*) que ce sont des cyclones venus de la mer du Bengale qui sont responsables, pour une forte part, de la pluviosité de ces régions centrales et orientales de l'Inde du Sud, et non une prétendue mousson d'hiver. D'où le régime «tropical retardé» ou «tropical décalé».

Le second point très nouveau pour qui vient du Kerala est l'extrême maigreur des totaux pluviométriques. Les moyennes sont en général inférieures à 1 mètre. On note moins de 800 mm dans la vallée de la Bhavani et moins de 600 mm dans la vallée de la Moyar et la plaine de Coimbatore (fig. 4). On est donc là, sous des températures moyennes annuelles de 26° et des températures moyennes maximales de 30°, à la limite du semi-aride. La tendance se confirme si l'on note aussi la brièveté de la saison des pluies: il n'y a que 50 à 70 jours de pluie sur le plateau de Mysore et la vallée de la Bhavani, et seulement 40 à 45 jours à Coimbatore. L'irrégularité interannuelle n'est pas frappante, mais elle existe (Coimbatore a reçu 590 mm en 1969 et 394 mm en 1970 par exemple), on ne saurait la négliger. Enfin il se produit, sur ces versants défilés, un phénomène typique de certaines bordures montagnardes, des coups de foehn, lorsque souffle la mousson, et l'effet réchauffant et asséchant de ces vents descendants contribue à rapprocher du semi-aride. N'oublions pas, pour terminer, que ces versants sont un adret tropical, plus ensoleillé puisque moins brumeux.

b) A ces conditions tropicales sèches correspondait, autrefois, la forêt sèche décidue à Combrétacées, Légumineuses et Teck, et, plus haut, entre 1100 et 1900 m, la même forêt mais dépourvue de Teck. Aujourd'hui, après l'action millénaire de

(*) F. BLASCO et P. LEGRIS, «Originalité des climats secs du Sud de l'Inde», *Annales de Géographie*, 1973, n° 450, pp. 129-150; F. DURAND-DASTÈS, «Les pluies sur les côtes orientales de l'Inde et du Viet Nam», *Ann. de Géo.*, 1970, n° 432, pp. 226-243.

l'homme, le tapis végétal est modifié. Dans la meilleure des hypothèses on retrouve cette forêt mais transformée par le passage des feux en forêt claire donc pourvue d'un tapis graminéen: par exemple sur la Haute Moyar (pl. I, A). Le

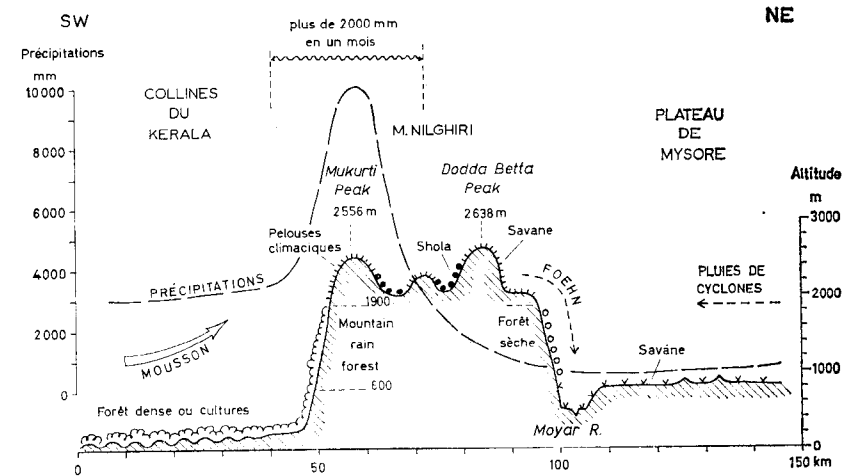


Fig. 4 — Coupe bioclimatique des Nilghiri. Source: ouvrages de BLASCO et LEGRIS, et observations sur le terrain. Sur le versant exposé à la mousson, énormes abatements d'eau, atteignant 10 m dans l'année sur les sommets, et 2 m en un mois. Il n'y a que trois à quatre mois réellement secs par an. La forêt sempervirente de plaine est défrichée, mais la forêt humide de montagne monte jusque vers 1900 m. Sur le versant sous le vent, les précipitations, qui ne doivent pas grand-chose à la mousson, tombent au-dessous de 600 mm dans l'année, et la saison sèche dure de sept à huit mois. Le foehn réchauffe le versant. La végétation, initialement une forêt sèche, est devenue savane ou fourrés à épineux. Noter que les sommets des Nilghiri sont également savanisés, que la shola ne subsiste que dans les creux, et que les pelouses de la zone hyper-humide sont climaciques.

plus souvent la forêt est remplacée par diverses savanes: savane à Cymbopogon et épineux au-dessous de 500 m; savane à Cymbopogon sans épineux entre 500 et 800 m; savane à Themeda, arborée entre 800 et 1400 m, arbustive entre 1400 et 1900 m. La seule exception à cette maigreur de la végétation est constituée par un bandeau de forêt mésophile sur le versant sud, à mi-hauteur, là où il reçoit quelques effluves de mousson: il se pourrait bien que, sur ce versant sud, les

précipitations passent par un optimum, selon les règles tropicales banales.

La faiblesse de la fourniture en eau et en produits organiques est évidemment défavorable à une altération poussée de la roche. Pourtant, sur le versant nord, la roche n'est plus de la charnockite mais un granito-gneiss moins résistant. Nous avons observé, d'abord, sur le palier de Masinagudi, vers 900 m, une latérite ferrugineuse assez sableuse, pourvue de magnifiques termitières. Mais plus haut, le long de la route d'Ootacamund, la tranchée permet de constater que l'altération ne pénètre pas très profondément (2 m peut-être), que le sol est brun noirâtre et non plus rougeâtre. Ce sont bien des *sols ferrugineux tropicaux* et non des sols ferrallitiques. BLASCO, dans les Palni, au Sud de la trouée de Palghat, vers 500 m d'altitude, a noté les caractères suivants: rapport silice alumine supérieur à 2,5; présence de cailloux; forte proportion de sables (40 à 45 %); pH neutre (°). Donc tout concorde, c'est bien un milieu tropical sec.

c) Pour autant qu'une tournée rapide nous ait permis des observations précises, il ne fait pas de doute que la morphogénèse actuelle est bien d'une savane sèche. Les pluies sont donc très violentes, et elles frappent un sol mal protégé. Mais il faut tenir compte, ici aussi, des infiltrations. Sur les pentes fortes on voit de larges griffures parallèles provoquées par des éboulements localisés. D'autre part l'eau non infiltrée ruisselle probablement en nappe, aidée dans son étalement par les touffes de Graminées espacées, et l'on reconnaît encore, en saison sèche, les cailloux qui ont été dispersés à la saison humide précédente. Les pointements de roche en place sont nombreux; ils ont souvent une forme arrondie et ils évoluent par exfoliation. De gros blocs gisent au pied des plaques rocheuses.

Il est intéressant de constater que cette évolution de type presque semi-aride ne date pas d'aujourd'hui. La vaste plaine de Palghat-Coimbatore est une classique pédiplaine, avec ses inselbergs, ses cônes rocheux au pied de la montagne, ses

(°) BLASCO, *Montagnes*, loc. cit., p. 31.

placages de sols râclés (°). Or elle remonterait (peut-être) au Pliocène inférieur (°). Mais le versant nord prend contact, lui, avec la pédiplaine de Mysore, qui est plus ancienne encore. C'est à cette ancienneté des conditions sèches que l'on doit, probablement, la bonne conservation de l'escarpement de ligne de faille de ce versant nord. Inversement des épisodes de climat plus froid ont dû s'intercaler dans le Quaternaire local: car comment expliquer que le cône rocheux situé au débouché de la Kallar dans la Bhavani (région de Coonor) soit raviné de gros galets roulés (10 à 50 cm) manifestement hérités?

Le contraste entre les versants humides et les versants secs des Nilghiri compte parmi les plus saisissants qu'il soit donné d'observer en milieu tropical sur une distance de quelques dizaines de kilomètres seulement.

III — LES RÉGIONS SOMMITALES

Le paysage des Nilghiri au-dessus de 1900-2000 m est surprenant, quel que soit le versant par lequel on l'aborde. Surprenant, il l'est par l'importance des travaux de l'homme et par ses caractères de *tierra fria*. Mais surprenant il l'est aussi par ses lignes douces: on se croirait transporté en Bohême ou dans les Monts du Limousin.

a) Le meilleur belvédère, et le plus facile d'accès, est précisément le point culminant, le Dodda Betta Peak, à 2638 m d'altitude. De là on peut analyser l'essentiel du paysage. On y reconnaît:

I — De *hautes crêtes convexes*, d'altitude subégale: la Kolaribetta, 2630 m, le Mukurti Peak, 2556 m, etc. Le mot de ballon, de monadnock vient à l'esprit, car ils paraissent déve-

(°) J. BÜDEL, dans son article «Die Relieftypen der Flächenspülzone Süd-Indiens am Ostabfall Dekans gegen Madras» (*Bonner Geographischen Kolloquiums zum Gedächtnis an F. von Richthofen*, t. 8, éd. Dümmler, Bonn, 1965, 100 p.), a étudié l'origine de cette pédiplaine. Nous discuterons certains de ses points de vue dans notre rapport de mission.

(°) Selon VAIDYANADHAN R., «An outline of the geomorphic history of India South of North Latitude 18°», *Proc. Seminar Geomorph. Studies in India* (1965), Sagar, 1967, pp. 121-130.

loppés à partir d'une très vieille surface, actuellement méconnaissable.

II — Un *niveau d'aplanissement* plus récent, situé vers 2400 m à l'Ouest du massif, donc posé en contrebas des hautes crêtes auxquelles il se raccorde par un véritable knick; il s'est peut-être développé sous climat semi-aride, mais il est difficile de l'affirmer. Il subsiste sous la forme soit de larges fonds de couloirs, soit de replats, soit de plateaux déconnectés de leurs reliefs d'appui.

III — Un ensemble de *dépressions* et de *vallées «mûres»*, littéralement estampé dans le niveau II, vers l'altitude de 1900-2000 m. Les dépressions sont des bassins elliptiques demi-fermés, d'une dizaine de kilomètres de grand axe en moyenne. Elles sont un peu comparables aux ouches et cuvettes du Morvan français. Les onze principales cuvettes ont été cartographiées conventionnellement sur la figure 2; plusieurs contiennent des lacs artificiels. Leurs formes convexes évoquent une morphogenèse de type tropical humide (pl. I, B).

Cet ensemble polycyclique, qui semble n'avoir jamais été décrit, remonterait peut-être au Jurassique moyen, si l'on en croit l'estimation générale des auteurs indiens⁽⁸⁾. Ce qui ne signifie naturellement pas qu'il aurait cessé d'évoluer depuis cette date...

Mais il a subi également des dislocations: d'une part il a été compartimenté par des failles de faible rejet, d'autre part il a été gauchi et soulevé en bloc par un puissant mouvement tectonique.

Le compartimentage n'est pas décelable, au premier abord, sur le terrain, mais il apparaît clairement sur le grand plan-relief de Bhavanisagar⁽⁹⁾. On constate, sur ce modèle expérimental, l'existence d'un réseau de failles qui dénivellent plu-

(8) «Erosion surface now around 8000 feet above M. S. L. (Nilghiri, Anamalai and Palni Hills). The entire land was a pediplain/peneplain with a few inselbergs/monadnocks here and there», VAIDYANADHAN, *loc. cit.*, p. 130.

(9) Mr Ramachandran K., Research Officer des Services hydrauliques de Bhavanisagar, a fait construire un remarquable modèle réduit du massif, d'une dizaine de mètres de long, et il nous a donné toute facilité pour l'étudier commodément. Qu'il en soit vivement remercié.

sieurs compartiments, chacun d'entre eux étant pourvu de sa ou de ses cuvettes: les cuvettes 1 et 2 sont plus élevées que les cuvettes 3 et 4, lesquelles sont plus élevées que les cuvettes 5 à 10, qui sont elles-même plus élevées que la cuvette 11 (fig. 2). L'angle sud-ouest du massif est donc le plus relevé, et l'angle oriental le plus abaissé. Envisageant la succession des événements il m'a semblé que ces failles dénivellent la surface II, mais que les cuvettes se sont dilatées à leurs dépens, ce qui laisse supposer que la fracturation se serait produite entre II et III. Si l'hypothèse est bonne, la localisation des cuvettes serait structurale; mais il n'est pas exclu qu'il existe des affleurements plus ou moins altérables dans les granito-gneiss et les charnockites.

Par contre les puissantes failles de 2000 m de rejet au moins qui équarissent le horst sont immédiatement visibles sur le terrain et ce sont elles que nous avons décrites sous le nom de versants humides et de versants secs. Il est remarquable que le réseau de cuvettes et de vallées, III, a été tranché net par ces failles bordières (fig. 3). Sur le versant nord on voit distinctement la vallée d'Ootacamund suspendue au-dessus du fossé de Masinagudi, un peu comme une auge glaciaire affluente⁽¹⁰⁾. Sur le versant méridional la faille bordière est sécante aux alvéoles n° 9, 10 et 11, ce qui explique leur mauvais état de conservation. Ces grandes failles seraient d'âge miocène⁽¹¹⁾. Quant au gauchissement des marges du massif vers l'extérieur, bien visible à partir du Dodda Betta Peak, il est probablement contemporain du soulèvement du horst, donc miocène également.

b) Le second élément d'originalité est l'impression de milieu non tropical et profondément humanisé que l'on ressent quand on prend pied sur ce plateau sommital.

Les cuvettes et les bas de versants sont intégralement *cultivés*, simplement piquetés d'Eucalyptus défeuillés à la main; les champs, retenus par des murettes artificielles, sont très soignés (pl. II, A) et l'on y reconnaît des cultures de blé,

(10) Dispositif qui rappelle curieusement celui des bassins tronqués de la Montagne Noire, en France, à l'Est de Toulouse.

(11) VAIDYANADHAN, *loc. cit.*

de pommes de terre, de tomates, de différents légumes et fruits tempérés. Les produits en sont exportés vers les grandes villes de la plaine. Les hameaux sont nombreux, la densité de population (122 hab/km²) est forte par rapport à celle des versants extérieurs.

Au-dessus des fonds les versants non cultivés sont couverts de *savanes herbeuses* à Graminées (Chrysopogon, Polinia, Arundinella) périodiquement incendiées et livrées à l'élevage. Je n'y ai pas observé de termitières. Ces savanes sont variées car parfois piquetées d'Ajoncs, de Genêts, de Rhododendrons ou de Bambous. Parfois elles font place à des landes à Fougères (Pteridium), ou bien à des forêts d'Eucalyptus plantées par l'homme. Ces savanes herbeuses montent en général jusque sur les crêtes: les forêts climaciques de crêtes, du type *cloud forest*, existent encore sur les Palni mais elles ont complètement disparu des Nilghiri depuis 3 millénaires, d'après les analyses polliniques. Par contre on trouve sur les Nilghiri, dans les fonds bien drainés, une «forêt sempervirente basse, à deux ou trois strates de ligneux, souvent riches en épiphytes et dont la couverture herbacée est plus ou moins continue» (12). Le feuillage est dense, à petites feuilles plutôt dures, les troncs sont plutôt tordus. Du point de vue floristique il y a dominance des Myrtacées, des Lauracées, des Magnoliacées, des Symplocacées. C'est la *shola*, dans son acception la plus stricte (pl. II, B). Après défrichement elle est remplacée par les Fougères.

La cause de ce changement radical de paysage végétal tient évidemment à des conditions climatiques de *tierras frias*. La pluviosité est très banale, 1,20 m à 2 m par an, à cause de l'écran des crêtes occidentales, mais le nombre de mois réellement secs ne dépasse pas quatre. Mais les températures sont basses, voire même très basses. Les températures moyennes vont de 10 à 15°, mais les mesures en savane, sans abri artificiel, ont montré que *les minimums tombent tous les ans entre -5 et -10° à partir de 2000 m d'altitude*. Notons tout de même que, s'il gèle souvent, il ne neige jamais. Les vents sont très violents sur les crêtes. Enfin, dernier trait bien montagnard, les inversions de température: en saison sèche

(12) BLASCO, *Montagnes*, loc. cit., p. 191.

la température moyenne est généralement plus élevée à Ootacamund (2250 m d'altitude) qu'à Coonor, située 500 m plus bas (13).

Mais il existe plus curieux encore. Les crêtes occidentales, et même leur revers, reçoivent, elles, les déluges de la mousson. Au Western Catchment, à 2450 m d'altitude, on recueille de 3450 mm à 7370 mm d'eau selon les années; on a compté 3156 mm rien que pour le mois de juillet 1959. Et c'est la zone où fut noté le record de 9800 mm. On s'attendrait donc à y trouver une *cloud forest* bien dense et lourdement chargée d'épiphytes. Il n'en est rien: la formation dominante est une *pelouse discontinue* pauvre en espèces et piquetée de rares buissons. L'exemple des plateaux dénudés de Tcherrapundji, en Assam, engagerait à penser que cette formation résulte d'une dégradation d'origine anthropique, mais F. BLASCO admet que ces pelouses des Nilghiri «représentent probablement le climax naturel local». On est donc au-dessus de la limite supérieure de la forêt, mais par suite d'un concours exceptionnel de facteurs: dans le reste du massif la limite théorique de la forêt n'est pas atteinte (14).

c) Les précieuses indications de BLASCO, complétées par quelques observations personnelles, permettent de caractériser les principaux sols et d'en tirer parti pour la géomorphologie. En gros on peut distinguer trois types de sols:

— le *sol des pelouses et des savanes* en pente forte, sur *charnockite* est réduit à de minces plaques d'horizon A₁. On y trouve un peu de terre fine mais beaucoup de racines et de cailloux; il est donc poreux. Le bed-rock, bien lisse, apparaît fréquemment.

— les sols de savanes de versant sur *roche-mère altérable*, appartiennent à la grande famille des *sols ferrallitiques lessivés de montagne* (Red-yellow podzolic soils). On observe

(13) P. LEGRIS et F. BLASCO, «Variabilité des facteurs du climat, cas des montagnes du Sud de l'Inde et de Ceylan», *Trav. Inst. Fr. Pondichéry*, 1969, p. 20.

(14) Pour les problèmes généraux d'écologie tropicale montagnarde, voir l'indispensable C. TROLL, «Die tropischen Gebirge», *Bonner Geograph. Abh.*, n° 25, 1959, 93 p.

successivement: un horizon A₁ d'environ 25 cm, très humifère, brun sombre, grumeleux en surface mais prismatique en profondeur, riche en racines; un horizon gravillonnaire AB d'environ 30 à 50 cm, proche parent de la stone-line tropicale⁽¹⁵⁾, mais de section plus régulière et fait de petits cailloux plats émoussés pressés les uns contre les autres; un horizon B argilo-sableux rougeâtre d'une trentaine de centimètres; un horizon C bariolé, allant de l'ocre-jaune au blanchâtre (kaolinite, écrit BLASCO). Si l'horizon A₁ retient l'eau, le reste du sol se comporte comme une passoire en cas de pluie.

— les *sols de shola* (sur roche-mère indifférente?). Ils ont le même profil mais ils sont plus épais: sur le rebord du plateau, au-dessus de Gudalur, nous avons observé une coupe artificielle de plus de 6 m d'épaisseur; on y voit encore les fantômes de roche pourrie dans l'horizon C. Dans ces sols de shola les gravillons ne sont pas rassemblés en un seul horizon mais ils sont diffus dans l'ensemble de A et de B. Ces sols, aussi, sont très perméables.

On voit donc que, malgré la médiocrité des températures, l'altération est très profonde. Mais on est fondé à se demander d'une part si cette altération n'est pas héritée d'une période plus chaude, d'autre part si l'horizon gravillonnaire n'est pas hérité, lui, d'une période ou plus sèche ou plus froide⁽¹⁶⁾. En tout cas cette pédologie va bien éclairer la morphogénèse actuelle.

d) Le premier point à préciser, pour définir le système morphogénétique actuel, est le rôle de la *désagrégation mécanique*. Sous le tapis végétal, de shola ou de savane, la météorisation n'a évidemment aucun effet. Sur roche nue gneissoïde

⁽¹⁵⁾ Voir J. VOGT, «Terrains d'altération et de recouvrement en zone tropicale, le complexe de la stone-line, mise au point», *Bull BRGM*, n° 4, 1966, 51 p.

⁽¹⁶⁾ Je n'aborde pas la grande question des paléoclimats quaternaires, faute d'avoir recueilli suffisamment de données. Bien que les froids aient dû être vifs aux périodes «glaciaires», je n'ai nulle part observé de traces glaciaires indubitables. Tout au plus peut-on soupçonner certains bassins de réception de s'être logés dans d'hypothétiques cirques de nivation. La question est à revoir, et avec beaucoup de prudence.

on constate des exfoliations. Le processus banal, par hydratation, est certainement en cause. Et le gel? Je pense, sans pouvoir le démontrer, qu'il doit y avoir un peu de gélifraction sur les pointements rocheux. Mais sans effet général, comme l'a bien remarqué TRICART (et Mme MAINGUET), dans les Andes⁽¹⁷⁾, pour cet étage.

L'inhibition du ruissellement concentré est le second élément marquant. Il y a bien des réseaux de ravineaux dans les secteurs les plus creux, soulignés par la shola (pl. II, B), mais ils sont à maille très large; pas de griffures hiérarchisées, en tout cas, sur les versants, dont la surface générale reste unie. Donc pas de transports torrentiels, et le phénomène n'a pas échappé à F. BLASCO puisqu'il note que les eaux de crue restent limpides. Cette carence de l'érosion linéaire est particulièrement frappante dans les cuvettes cultivées, où les thalwegs ne comportent aucun ruisseau, aucun drain artificiel (pl. II, A). Ce dernier trait montre bien que la résistance élastique de la rhizosphère *str. s.* ne peut être invoquée puisque les champs cultivés sont à terre nue. La responsabilité majeure de cette carence des eaux de surface incombe à l'exceptionnelle porosité des sols, elle-même explicable par le délit prismatique de l'horizon A inférieur, par la haute proportion de sable et de graviers, par la nature kaolinique de l'argile, et même par le travail des petits animaux fouisseurs.

Cette influence de la porosité sur le ruissellement est classique dans les montagnes tropicales. Mais la nature de la roche introduit des variantes. Comparés à ceux des Monts Loma, par exemple, granitiques⁽¹⁸⁾, les versants des Nilghiri paraissent plus finement poreux, plus unis en surface, et en tout cas dépourvus de boules.

Mais le corollaire de l'enfouissement des eaux est la constitution d'une nappe profonde et, aux points où elle

⁽¹⁷⁾ A. CAILLEUX, J. TRICART et R. RAYNAL, «Les particularités de la morphogénèse dans les régions de montagne», *CDU*, Paris 1962, 136 p.; et Mme M. MAINGUET, «Quelques aperçus sur les manteaux de décomposition des roches dans les Andes vénézuéliennes de Mérida», Paris, CNRS, *Mémoires et Documents*, 1966, 118 p.

⁽¹⁸⁾ S. DAVEAU, «Etude morphologique des Monts Loma», in *Le Massif des Monts Loma (Sierra Leone)*, fasc. 1, *Mém. IFAN*, Dakar, n° 86, 1971, pp. 25-53.

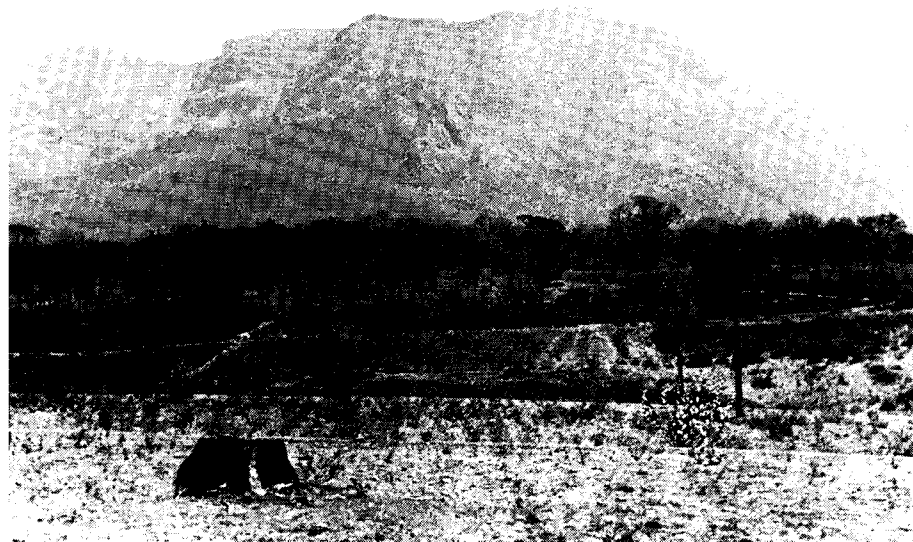
émerge, le déclenchement de *mouvements de masse*. Dans les savanes des Nilghiri certains profonds ravinements comparables aux «lavakas» malgaches semblent contredire les affirmations précédentes. Ce serait oublier que les lavakas ne sont pas dûs au ruissellement concentré mais à l'effondrement régressif des parois verticales (et verticales parce que poreuses) d'une émergence de nappe. Les lavakas des Nilghiri apparaissent précisément dans les secteurs les plus pluvieux et les plus profondément altérés⁽¹⁹⁾. De plus nous avons observé de nombreuses loupes de glissement sous-cutané en versant savanisé.

Mais, paradoxalement, c'est sous forêt que les mouvements de masse sont les plus spectaculaires, pourvu que la pente soit forte. Souvent, à la saison des pluies, des pans de forêt entiers s'abîment vers la vallée, laissant derrière eux de véritables couloirs d'avalanche calibrés par la profondeur de l'altérite. Ou bien ils glissent plus lentement et s'entassent à l'aval de cirques d'arrachement. Le rôle de la nappe est indéniable. Mais les arbres jouent aussi un rôle. Le déracinement d'un arbre par la tempête, déracinement d'autant plus facile que beaucoup d'arbres tropicaux sont naturellement en déséquilibre puisqu'ils poussent perpendiculairement au versant, est souvent au point de départ d'un glissement de terrain. Nous l'avons personnellement observé à l'île de la Réunion, mais le mécanisme a été signalé ailleurs⁽²⁰⁾. Il serait piquant que, à la limite, le reboisement hâte ce mode d'érosion et que le déboisement l'enraye. La théorie de la bio-rhexistasie doit évidemment être nuancée en pays tropical.

Par l'extrême contraste entre ses versants, par la conservation de hautes surfaces probablement fort anciennes, par la porosité de ses sols d'altitude et, par voie de conséquence, par l'infirmité du ruissellement concentré, le massif des Nilghiri est bien une montagne tropicale typique. Mais toutes nos observations ont été rapides, incomplètes et elles

⁽¹⁹⁾ LEGRIS et BLASCO, *Variabilité*, loc. cit., photo n° 13.

⁽²⁰⁾ L. FAUGÈRES, «Observations sur le modelé des versants dans la région des Pitons de Carbet (Martinique)», *Bull. Assoc. Géogr. Franç.*, 1966, pp. 52-63.



PL. I, A — Le versant nord des Nilghiri (environ 1900 m). Rebord granito-gneissique faillé, vu du fossé tectonique de Masinagudi (environ 900 m). Noter les formes aplanies des sommets. Au premier plan, champ défriché aux dépens de la forêt claire (cliché J. D.).



PL. I, B — Région sommitale des Nilghiri. Nous sommes dans le bassin d'Avalanchi. A l'arrière plan, sommets subégaux de la génération I (2500 m). Puis le niveau aplani II (2400 m environ). Enfin la cuvette (génération III), aux formes douces et convexes. Fort peu de drainage superficiel. Au premier plan: eucalyptus, ajones, genêts (cliché J. D.).



PL. II, A -- Une des vallées d'Ootacamund (2100 m environ). Le tapis végétal naturel a totalement disparu au profit des cultures. Reboisements en Eucalyptus. Noter l'absence complète de drainage superficiel et, au fond, la cicatrice de deux glissements de terrain (cliché J. D.).



PL. II, B --- Shola, entre Ootacamund et Avalanchi. Les pointements rocheux sont relativement rares, les formes sont très douces, le réseau de drainage superficiel est très lâche. La shola se tient de préférence dans les fonds. Au premier plan savane-pâturage régulièrement incendiée (cliché J. D.).

demanderaient à être précisées. Plusieurs problèmes ont été posés et restent à résoudre: l'âge et la nature exacte des emboitements sommitaux, l'ancienneté du contraste bioclimatique entre les versants, l'inégale altérabilité de la charnockite et des gneiss, la signification de l'horizon gravillonnaire, les éventuels héritages d'un Quaternaire froid, la date exacte de la savanisation, la dynamique actuelle des versants poreux, les effets possibles du gel actuel, etc. Il y a là un magnifique terrain de thèse pour un jeune géographe.

JEAN DEMANGEOT

SUMMARY

A Tropical Mountain. The Nilghiri Mountains are the second highest in South-India (2638 m). They are a massive horst made of granito-gneiss and charnockite. The upper part of the horst appears as an interlocking of three high levels, probably as old as Jurassic: I is the level of the major monadnocks (2500 m); II is an intermediate horizontal level, about 2400 m; III is a net of mature valleys and half closed depressions (2000 m). The block is squared by gigantic miocene faults. It looks down from the north side on the Mysore Plateau, a mio-pliocenic pediplain (level IV, 900 m), and from the south side on the Coimbatore pliocenic pediplain (level V, about 300 m).

The bioclimatic contrast between the southern and northern slopes is a very striking one. The south and south-western slopes receive from 3000 mm to 9000 mm of rain, brought by the summer monsoon. The vegetal carpet, thus, is a moist evergreen forest and, higher, a montane rain forest, with classical red ferrallitic soils. Relief is carved by landslides. On the other hand the northern slopes are nearly semi-arid, getting only 500 to 800 mm of precipitations, and dried by foehnlike winds. Therefore the vegetation is composed either of dry deciduous forest or of dry savannas. Soils are ferruginous and morphogenesis, here, is caused rather by sheet-wash than by mass-movement.

As to the upper plateau, higher than 2000 m (levels I + II + III), it is covered by climatic low meadows, «sholas» (that are screened hard-woods) and high-altitude savannas, wherever anthropic fields are absent. Rain is held between 1000 and 3000 mm, except on western slopes, and the cold reaches 5 and even 10° C below zero every winter. Soils are of the «red-yellow podzolic soils» family. Therefore they are highly permeable and, for this reason, topography exhibits numerous effects of mass-movement instead of superficial run-off.