Les paysages du Népal central et leur organisation

Georges Bertrand, Olivier Dollfus

► To cite this version:

Georges Bertrand, Olivier Dollfus. Les paysages du Népal central et leur organisation. Bulletin de l'Association de géographes français, 1973, 404-405, pp.383-399. 10.3406/bagf.1973.6875 . hal-02570320

HAL Id: hal-02570320

<https://hal.science/hal-02570320>

Submitted on 11 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

II. Les paysages du Népal central et leur organisation

Georges Bertrand, Olivier Dollfus

Résumé

L'Himalaya népalais offre le plus fort gradient écologique du monde. L'organisation des paysages reflète l'ordonnement des régions naturelles liées à la géomorphologie, commandée par la tectonique récente. L'étude montre l'agencement le long d'une coupe NS. effectuée dans le Népal central, des sommets de la haute chaîne jusqu'au Terai. Les caractères de chaque groupe de paysages (géosystèmes) sont soulignés : ils font intervenir la combinaison des facteurs géomorphologiques, écologiques et ceux liés à l'action humaine. Cette tentative a pour objet d'assurer les bases d'une étude intégrée des paysages népalais, de leur structure et de leur dynamique actuelles.

Abstract

Nepalese Himalaya reveals the greatest ecological gradient in the world. The organization of landscapes reflects that of natural regions connected with geomorphology required by the recent tectonics. The characters of each landscape group (geosystems) plainly appear : they combine the geomorphological and ecological factors with those linked to the action of men. This attempt aims to give the basis of a integrated study about nepalian landscapes, their present structure and their dynamics.

Citer ce document / Cite this document :

Bertrand Georges, Dollfus Olivier. II. Les paysages du Népal central et leur organisation. In: Bulletin de l'Association de géographes français, N°404-405, 50e année, Janvier-février 1973. pp. 383-399;

doi : <https://doi.org/10.3406/bagf.1973.6875>

https://www.persee.fr/doc/bagf_0004-5322_1973_num_50_404_6875

Fichier pdf généré le 25/04/2018

II. Les paysages du Népal central et leur organisation *

par MM. BERTRAND et DOLLFUS

RESUME

L'Himalaya népalais offre le plus fort gradient écologique du monde. L'organisation des paysages reflète l'ordonnancement des régions naturelles liées à la géomorphologie, commandée par la tectonique récente. L'étude montre l'agencement le long d'une coupe N.S. effectuée dans le Népal central, des sommets de la haute chaîne jusqu'au Terai. Les caractères de chaque groupe de paysages (geosystèmes) sont soulignés : ils font intervenir la combinaison des facteurs géomorphologiques, écologiques et ceux liés à l'action humaine. Cette tentative a pour objet d'assurer les bases d'une étude intégrée des paysages népalais, de leur structure et de leur dynamique actuelles.

ABSTRACT

Nepalese Himalaya reveals the greatest ecological gradient in the world. The organization of landscapes reflects that of natural regions connected with geomorphology required by the recent tectonics. The characters of each landscape group (geosystems) plainly appear : they combine the geomorphological and ecological factors with those linked to the action of men. This attempt aims to give the basis of a integrated study about nepalian landscapes, their present structure and their dynamics.

L'organisation écologique des montagnes du centre du Népal obéit à la hiérarchisation des facteurs communs à tous les espaces montagnards mais avec des combinaisons propres.

(*) Cet article présente quelques résultats d'une mission effectuée au printemps 1972 dans le cadre de la R.C.P. du C.N.R.S. n° 253 (responsable C. Jest).

L'Himalaya népalais appartient :

- à la zone subtropicale, ce qui se marque par une grande amplitude saisonnière aussi bien thermique (plus de 10° C entre le mois le plus chaud et le mois le plus froid) que pluviométrique. A l'action prépondérante de la mousson d'été, s'ajoute l'intervention atténuée d'un « front polaire » dérivé ;

- au bloc eurasiatique continental, ce qui entraîne d'une part une continentalisation climatique, d'autre part l'existence d'un continuum écologique du point de vue du stock floristique et faunistique qui a pour conséquence un faible taux d'endémisme.

C'est une cordillère dont la dissymétrie est liée au jeu des structures profondes (chevauchement des plaques continentales), qui présente une façade unique à regard Sud, constituant le plus fort gradient écologique du monde :

- un gradient topographique qui atteint 7.000 m en un peu plus de 100 km ;

- un gradient bioclimatique et tout particulièrement thermique avec des fortes variations saisonnières : maximum au printemps, le gradient thermique s'atténue au moment de la mousson d'été ;

- un gradient biogéographique marqué par l'étagement des grands ensembles biocénétiques figurés sur les cartes de J.F. Dobremez (1).

L'ampleur des gradients explique la violence de certains phénomènes liés aux contrastes entre les éléments géographiques (advection de la mousson tropicale sur des montagnes englacées, coulées froides vers les basses vallées subtropicales en hiver, vigueur des actions torrentielles).

A l'échelle des « mésostructures géographiques », le compartimentage régional est commandé par le dispositif parallèle et arqué des régions naturelles qui se définissent d'abord par leur orographie. Sur une centaine de kilomètres du Sud au Nord on traverse :

- les collines et bassins des Churia (Siwaliks) qui dominent (300 à 1.400 m) le glacis alluvial du Terai, raccordé latéralement à la plaine gan-gétique ;

- la barrière très continue du Mahabharat dont les crêtes se tiennent entre 2.000 et 3.000 m ;

- le « Moyen Pays », région déprimée constituée par une mosaïque de bassins et de petits massifs orientés ;

- le « Haut Pays sous-himalayen », grand escalier disséqué en « serres » où le développement des versants atteint plusieurs milliers de mètres ;

- la Haute Chaîne dont les sommets englacés dépassent 7.000 m.

L'individualisation de ces régions naturelles est due pour l'essentiel à la tectonique récente. A petite échelle, le « Moyen Pays » fait figure de

(1) J.-F. DOBREMEZ, Mise au point d'une méthode cartographique d'étude des montagnes tropicales. Le Népal, écologie et phytogéographie - thèse d'Etat. Grenoble, 1972, 373 pages.

secteurs en creux entre deux chaînes en pleine surrection : le Mahabharat et le Haut Pays qui supporte les grands sommets.

Ce compartimentage régional, lié aux conditions de mise en place des morphostructures modifie le gradient général défini précédemment. Ainsi l'effet principal de « façade » joue sur les fronts montagnards de mousson : c'est un phénomène d'ascendance orographique accélérée, directement lié à la pente. Le front montagnard atténué des Churia Hills passe au puissant front du Mahabharat, relayé quarante kilomètres plus au Nord par celui du Haut Pays. Le front montagnard de la Haute Chaîne pose le problème de l'épaisseur de la masse d'air de mousson. Intervient aussi, mais secondairement, l'effet de façade par rapport aux flux d'Ouest et de N.W., surtout sensible de l'automne au printemps. Jouant comme en négatif des effets de façade, les effets d'abri sont particulièrement nets dans les bassins du Moyen Pays et quelques vallées du Haut Pays.

A l'intérieur des régions naturelles, la marquetterie des blocs soulevés et des bassins commande souvent la distribution des géosystèmes. A l'échelle des « microstructures géographiques », l'exposition et les topoclimats interviennent dans cette montagne subtropicale malgré la mousson. L'effet d'adret s'exerce à plein pendant la saison sèche quand l'insolation est maximum. L'effet topoclimatique varie en fonction de l'altitude et de l'éloignement de la bordure humide montagneuse. Et les topoclimats déterminent un certain nombre de géosystèmes. A un niveau chorologique inférieur interviennent les toposéquences du versant élémentaire. La gravité y joue un rôle essentiel dans la circulation des manteaux de débris comme dans celle de l'eau dans et sur le versant. Ceci permet la détermination de la plupart des géofaciès. Mais là entre en jeu l'action anthropique, surtout dans le Moyen Pays et, dans une moindre mesure, dans le Haut Pays et le Mahabharat.

La hiérarchie spatiale des combinaisons écologiques permet de saisir les problèmes propres à chaque région naturelle et de comprendre leur articulation à l'intérieur de l'ensemble himalayen.

La Haute Chaîne

Epine dorsale du système montagneux, elle porte les « himal » c'est-à-dire les massifs de plus de 7.000 m d'altitude presque entièrement carapaconnés de glace et de neige. Dans le Centre du Népal, ils sont représentés à l'Est par le Langthang Lirung et à l'Ouest par le Ganesh Himal que recoupe la frontière tibétaine. Ces hauts massifs n'ont pas été directement étudiés et on ne pourrait faire état que d'observations fragmentaires.

Sur le plan des géostructures ils sont actuellement interprétés comme formant le rebord méridional de la « dalle » tibétaine chevauchante. Chaque massif est constitué de compartiments tectoniques dissymétriques dont les fronts sont généralement tournés vers le Sud.

L'englacement se caractérise par le contraste entre sa puissance locale (la glace s'entasse sur d'énormes épaisseurs et tapisse les parois verticales) et la faible extension des langues à l'aval des secteurs d'alimentation. Partout on relève des traces de déséquilibre : langues tronçonnées en gros culots de glace, glaciers de cirques détachés des parois, surfaces très récemment déglaçées à la périphérie des hauts massifs. Au-dessus de 6.000 m et en fin de période sèche, les modelés des versants sont sculptés dans le manteau nei-

geux par des vents violents d'Ouest qui font « fumer » les crêtes et par des avalanches très puissantes. On y distingue trois géosystèmes spécifiques (voir figure 2) :

G 1 : Les glaciers de parois au-dessus de 6.500 m. Ce sont encore des glaciers « blancs » à couverture neigeuse quasi permanente. Ils sont alimentés par l'effondrement des corniches neigeuses sommitales.

G 2 : Les glaciers de pied de paroi et de cuvettes entre 6.000 et 6.500 m qui sont déjà des « glaciers noirs » qui résultent du fractionnement des grandes nappes de la dernière grande crue glaciaire. C'est ainsi que l'on peut repérer sur la face S.W. du Langthang Lirung plusieurs énormes culots de glace.

G 3 : Les secteurs périphériques en cours de déglaciation au-dessous de 6.000 m découvrent des modelés en contre pente ou alternent les parois moutonnées, les champs de blocs et les cuvettes lacustres.

Le paysage de la Haute Chaîne, du moins dans ce secteur himalayen à longue saison sèche (7 à 8 mois) traduit un déséquilibre général. Le bilan glaciaire des « himal » paraît actuellement déficitaire. Les glaciers seraient-ils de simples héritages d'une période climatique plus favorable à leur développement ? Quelle est la part des précipitations actuelles dans leur alimentation et plus précisément le pourcentage respectif des apports estivaux de la mousson et des apports de saison froide liés à l'activité des flux de N.W. ?

Le Haut Pays sous-himalayen

Le Haut Pays sous-himalayen qui sert de soubassement à la haute chaîne se présente, à petite échelle, comme un immense escalier large de vingt à trente kilomètres, s'élevant de 2.000 à 6.500 m. L'existence des grands massifs qui le dominent de 2 à 3.000 m, conditionne un certain nombre de traits géomorphologiques et bioclimatiques.

A moyenne échelle, le Haut Pays se caractérise par une tectonique de blocs entre lesquels se glissent les rivières dont les unes sont adaptées à la pente d'ensemble N.-S. et naissent dans les massifs glaciaires, les autres se greffent orthogonalement ou en oblique dans les crémaillères des blocs. Dans la vallée de l'Ankhu Khola on constate l'existence de deux styles un peu différents : dans le secteur nord, immédiatement en contrebas du Ganesh Himal, les blocs apparaissent serrés et leur front méridional correspond autant au plan de débitage des macrodiaclasses qu'à des escarpements de ligne de faille, tandis que plus au Sud, un escarpement de failles normales établit la transition avec le Moyen Pays. Du Nord du bassin de Kathmandu au Langthang, la succession des vallées et des crêtes disposées ouest-est doit correspondre à autant de graben et de horst.

L'unité morphostructurale de base est le compartiment dissymétrique monoclinale, de 5 à 15 km de longueur, au front généralement tourné vers le Sud et au revers incliné. La masse lithologique se compose de puissantes séries où se succèdent sur plusieurs milliers de mètres des gneiss (notamment dans le massif du Gosain Kund), des schistes et des quartzites (vallée de l'Ankhu Khola). Ce sont là des séries médiocrement compétentes, peu ou pas plissées, soumises à une forte fracturation et à un intense diaclasage

Fig. 2. - Les paysages du Népal central (les numéros de 1 à 23 renvoient au texte).

vertical qui facilitent les mouvements de masse sur les versants (2). Dans la vallée de la Kali Gandaki on a pu mettre en évidence un soulèvement à moyen rayon de courbure des nappes torrentielles encroûtées les plus anciennes (2). Les rivières, bien alimentées par les glaciers de la Grande Chaîne et par les pluies de mousson, entaillent les volumes rocheux en gorges profondes de plusieurs centaines de mètres.

A la différence des grands massifs, le Haut Pays est actuellement déglacé, mais il porte de larges empreintes glaciaires dans ses parties culminantes et subit des actions saisonnières cryonivales. C'est un volume montagneux compact où le rapport « massifs-vallées » est en faveur des premiers tandis que les secondes sont souvent réduites à l'état de gorges. De ce fait les pentes sont raides. Le phénomène de paroi est général à toute altitude. Ceci est la marque d'une orogénèse puissante et probablement encore active. Le climat combine la forte humidité et la nébulosité d'une montagne de façade de mousson avec le régime thermique et, partiellement, les précipitations nivales d'une moyenne montagne du domaine tempéré. Il en résulte une importante biomasse forestière, dont les divers éléments se distribuent en fonction de l'étagement, allant de la chênaie à rhododendrons sur sols bruns forestiers, à la lande supraforestière au modelé nival en passant par la sapinière qui est, dans le centre du Népal, sa forme la plus représentative.

Les géosystèmes se disposent dans leur ensemble en fonction du gradient bioclimatique qui est toutefois modifié par la dissymétrie des blocs, les effets de façade et d'exposition.

G 4 : La haute montagne déglacée à dynamique cryo-nivale correspond aux plus hautes crêtes entre 4.500 et 6.000 m. Elle se caractérise par une déglaciation complète mais récente et par le caractère marginal de l'activité biologique. La fusion de la glace a libéré des parois râclées, striées, polies et d'énormes amoncellements de blocs, par exemple d'anciens glaciers rocheux. La roche saine affleure partout ; il n'y a pas d'altération. L'exiguïté des névés reflète la médiocrité d'ensemble du manteau neigeux et sa fusion rapide. La gélifraction est le processus dominant, d'autant plus que la végétation, contractée et spécialisée, se limite vers 5.000 m à quelques touffes de fétuques et à des éléments de landes rares, rases et couvertes de rhododendrons. Elle intervient surtout au printemps, à la suite des giboulées de neige, au moment où les contrastes thermiques sont violents. Les versants évoluent par éboulisation et glissement. Ils sont généralement tapissés de blocs hétérométriques instables.

Les principaux géofaciès sont les suivants : 1. Crêtes et parois en roche en place, saine, débitée par des diaclases (dièdres) entre 5.500 et 6.000 m. 2. Bouts d'auge et fonds de cirques alignés sur des fractures et bourrés d'éboulis et de glaciers rocheux. 3. Lacs de cirques et d'ombilics entre 4.500 et 5.000 m ; les plus élevés étant pratiquement toujours pris par les glaces. 4. Versants rocheux inférieurs, entre 4.500 et 5.000 m, raides (49

(2) O. DOLLFUS et P. USSELMANN, Recherches géomorphologiques dans le Centre Ouest du Népal. Paris, C.N.R.S., 1971. Cahiers Népalais, 56 p. Cartes.

à 65°), à couverture de blocs mobiles, piquetée par quelques touffes de rhododendrons et de genevriers (*J. indica* et *recurva*).

G 5 : Les milieux supraforestiers à dynamique pastorale et cryo-nivale constituent malgré leur complexité écologique, leur diversité interne et leur instabilité un ensemble parfaitement individualisé entre 3.800 et 4.200 m d'altitude. C'est un milieu de contact et de lisière, l'équivalent dans les montagnes européennes de la « zone contestée » des forestiers, où entrent en concurrence des structures et des dynamiques écologiques différentes sinon contradictoires : c'est d'abord à la limite supérieure de la grande masse forestière montagnarde la frange pionnière des espèces arborées et arborescentes qui se situe pour partie entre la « timber-line » et la « tree-line » ; c'est aussi au contact des premières formations végétales fermées (landes et pelouses) la limite inférieure de la géomorphogénèse cryonivale avec les grands versants à blocs glissés et les modelés de cryoturbation et de solifluxion dans les pelouses ; c'est ensuite sur cette fine mosaïque de milieux marginaux, donc fragiles et instables, l'intervention saisonnière de la vie pastorale qui domine le paysage au niveau des agents de la morphogénèse (incendie, défrichement, création de pelouses rares). Parmi les processus, il faut noter la réactivation de la cryoturbation ; c'est enfin, en dehors de la vie pastorale proprement dite (yacks) un extraordinaire milieu correspondant à une vie intense liée à l'imbrication d'ensembles écologiques complémentaires (forêts, pelouses, rochers, lacs, pâturages, écotones : oiseaux, cervidés, ours, onces). Les principaux géofaciès sont : 1. les croupes sommitales et les cuvettes de suffosion à landes-pelouses pâturées (juniperaie à *J. indica* et *recurva*) ; 2. les grandes nappes d'éboulis d'ombrée à bouleau (*betula utilis*) ; 3. les pelouses pastorales souvent cryoturbées ; 4. les îlots forestiers (sapins) sur croupes morainiques.

G 6 : Les massifs forestiers montagnards à dynamique biologique dominante. C'est le milieu le plus homogène et la plus puissante biomasse des grandes montagnes népalaises. Les arbres (sapins et cèdres) forment des futaies épaisses pratiquement climaciques (fûts de plus de 50 m pour 2 à 3 mètres de diamètre basal). Cette forêt s'équilibre avec un bioclimat exceptionnellement humide, frais et brumeux. Il n'y a pas de vraie saison sèche du fait des précipitations du front polaire dérivé et des orages. Elle colonise les crêtes et surtout les grands versants à éboulis qu'elle fixe. La dynamique du paysage est presque exclusivement liée à des cycles biologiques. La sapinière, morte de vieillesse, est, semble-t-il remplacée par un fourré de rhododendrons à l'abri desquels se développent à nouveau les plantules de sapin. Toutefois les pâturages s'y développent et les clairières s'y multiplient mais l'équilibre d'ensemble n'est pas rompu.

Comme géofaciès on note : 1. la haute futaie à « *abies spectabilis* » et sous bois de rhododendron *barbatum* ; 2. la futaie clairière et pâturée ; 3. la rhodoraie ; 4. la limite supérieure de la forêt etc.

G 7 : Les fronts de blocs à éboulements. Situés entre 1.500 et 2.700 m, ils correspondent à des escarpements de faille ou à des réseaux subverticaux de macrodiaclasses. Le phénomène de paroi rocheuse, le plus souvent exposée au Sud, constitue un facteur limitant pour la végétation et les sols. Les éboulements et les ramonages des couloirs torrentiels y sont fréquents.

Ces versants secs et instables présentent toujours la même mosaïque de géofaciès : 1. les grandes parois dénudées à déchaussement de blocs ; 2. les vires à pelouses xérophiles piquetées d'une pinède claire à *pinus excelsa* et *pinus roxburghii* ; 3. les couloirs torrentiels dévégétalisés ; 4. les pentes basses à cônes d'accumulation coalescents à « *pinus roxburghii* » dans les secteurs stabilisés.

G 8 : Les grands versants à glissements et à arrachements des revers de blocs. Ils s'organisent en hémicycles, avec, en leur centre, des vastes complexes de glissement formés dans des roches broyées, diaclasées et profondément altérées (l'altération actuelle succédant aux altérations héritées). Ces glissements sont à leur tour tranchés par des arrachements de taille kilométrique qui évoluent en bassins torrentiels (Ankhu Khola). Ce géosystème est entièrement défriché. Les grands glissements médians constituent, en dépit de leur instabilité, le centre de gravité des finages (cultures en terrasses) alors que les villages se situent sur des replats rocheux. La ceinture externe est formée par une chênaie dégradée en landes pâturées. Ce dispositif concentrique est recoupé par les arrachements récents et actuels, uniquement colonisés par les aulnes du Népal.

Ces deux géosystèmes (G 7 et G 8) paraissent devoir une part de leur évolution récente aux secousses sismiques.

G 9 : Les gorges torrentielles. Elles correspondent à l'entaille des rivières liée à la surrection des blocs et à l'alimentation nivo-glaciaire d'amont. Guidées par des réseaux de fractures, elles s'enfoncent dans des roches saines formant paroi. Leur situation permet de distinguer trois géofaciès : 1. Les gorges de raccordement avec la Haute Chaîne, entre 3.500 et 5.000 m, en contact avec les grands bassins glaciaires. La pente longitudinale est très forte et coupée de rapides. Les versants, de 2.000 m de commandement, sont formés d'éboulis colonisés par une sapinière climatique à « *abies spectabilis* » ; 2. Les gorges médianes à petits bassins tapissés de terrasses entièrement cultivées ; 3. Les gorges de raccordement avec le Moyen Pays soumises à une puissante reprise d'érosion post ou synorogénique. Elles sont colonisées par les premiers éléments de forêt subtropicale à « *schima* et *castanopsis* », et même vers 1.000 m à « *shorea robusta* ».

LE MOYEN PAYS

C'est à petite échelle une région naturelle en « creux », large de 30 à 40 km. À moyenne échelle le Moyen Pays offre, surtout à l'Ouest de Kathmandu un dispositif de blocs orientés dont les crêtes culminent entre 1.200 et 2.000 m. Le relief est très aéré. Le rapport massif-bassin étant de 1 à 3 ou 4. Les grandes vallées s'élargissent en bassins tapissés de terrasses alluviales dont les planchers se tiennent entre 300 et 700 m. La succession et l'emboîtement des terrasses ainsi que le degré d'altération de leur surface signalent en partie les épisodes climatiques quaternaires. Les vallées secondaires se logent entre les blocs qui sont généralement dissymétriques et dont la longueur est comprise entre 6 et 12 km. Sauf autour de Kathmandu, le matériel lithologique est relativement monotone ; ce

sont de puissantes séries de schistes et de quartzites, plus basculées que plissées. De fortes altérations revêtent les versants, même raides, ainsi que les terrasses alluviales anciennes. La roche saine affleure rarement sauf en corniche sur le front des blocs. Les différentes topographies de glissements régissent le modelé des versants où on note l'existence de nombreux replats étagés passant vers le bas à des glacis en pente forte et à la surface rubéfiée.

Les marques de l'action humaine sont partout présentes : versants sculptés en terrassettes de culture mais également toutes les formes de dégradation forestière (landes). Dans cette région où les densités kilométriques sont souvent supérieures à 100, les phénomènes liés à l'action anthropique sont d'une particulière ampleur.

Dans le centre du Népal l'une des originalités du Moyen Pays est la présence du bassin de Kathmandu dont le réseau hydrographique est autonome et indépendant du Haut Pays. Il draine une ellipse aux bords redressés de 30 km d'Ouest en Est et d'une vingtaine du Nord au Sud. Le colmatage lacustre est remarquable. Il couvre les 2/3 du bassin versant de la Bagmati en amont des gorges. Il s'agit d'une cuvette dont le fond, remblayé, se tient entre 1.300 et 1.500 m, bordée de crêtes entre 2.000 et 3.000 m. Ces bordures montagneuses dominent des vallées très creuses tant à l'Est qu'à l'Ouest. La différence d'altitude entre le bassin de Kathmandu et le fond des vallées latérales est de l'ordre de 600 à 800 m. A titre d'hypothèse de travail on peut l'expliquer de la façon suivante : au moment où les grandes vallées - Trisuli et Sun Kosi - se creusaient, la cuvette de Kathmandu évoluait en bassin lacustre, bloqué à l'aval par le soulèvement du Mahabharat. D'un côté, érosion - les étapes du creusement sont jalonnées par une succession de replats étagés, beurrés d'altérites et qui sont perchés de 200 à 1.000 m au-dessus des talwegs, - de l'autre, dans le bassin de Kathmandu il y avait remblaiement. L'épaisseur maximale du remblaiement a pu atteindre 400 m localement. Il faut noter que depuis l'achèvement du remplissage lacustre, la Bagmati et ses affluents ont débarrassés une tranche de sédiments meubles de l'ordre de 100 à 150 m. Des glacis alvéoles et des cônes-glacis sont suspendus à une centaine de mètres au-dessus du bassin. A noter enfin que les dépôts lacustres comme d'ailleurs les nappes fluvio-torrentielles des grandes vallées ne sont guère déformés.

L'une des particularités des géosystèmes du Moyen Pays est de se regrouper en deux sous-régions naturelles selon qu'ils se rattachent ou non au bassin de Kathmandu. Celui-ci constitue une cellule autonome, aussi bien sur le plan hydro-géomorphologique que sur le plan bioclimatique, grâce à un fonctionnement de bassin intramontagnard abrité et presque fermé. Si les versants montagneux qui le cernent se rattachent aux régions naturelles voisines, soit aux autres bassins du Moyen Pays (G 14 et G 15) soit surtout au Mahabharat (G 10 et même G 11), les paysages du fond du bassin constituent un géosystème spécifique.

G 12 : Le fond de bassin. Ce géosystème est parfaitement limité aux sédiments sablo-argileux d'origine lacustre et au système de vallées larges à fond plat qui les dissèquent. C'est le plus beau paysage agraire « intensif » du Népal et c'est également le site de Kathmandu et des autres capitales

historiques du pays. Le fond du bassin reçoit de 1.300 à 1.500 m de précipitations, non seulement pendant les quatre mois de la mousson mais aussi sous forme d'orages de bassin pendant la saison sèche, ce qui favorise une deuxième culture sèche (orge). La forêt subtropicale à Schima et Castanopsis ne subsiste que dans quelques bois protégés et dans la forêt royale de Gokharna. A part quelques buttes rocheuses qui émergent du remblaiement lacustre et qui abritent de gros bourgs, l'espace se partage en deux géofaciès :

- les terrasses lacustres ou « tar » s'étagent entre 20 et 50 m au-dessus des rivières actuelles. Elles sont, du moins sur leurs bordures, taillées en glacis d'ablation ou voilées par de minces cônes torrentiels. L'ensemble est superficiellement rubéfié et les sols agricoles sont des argiles lourdes et battantes. L'ensemble est entièrement cultivé et parsemé de gros villages ;
- les larges lits majeurs, actuels ou récents de la Bagmati et de ses affluents constituent les « dol ». Leurs sols, riches et irrigables, portent au moins deux récoltes par an. La maîtrise de la société rurale sur le milieu est ici particulièrement poussée et le paysage agraire traduit un certain équilibre qui n'est en fait qu'apparent et que menace le surpeuplement. L'évolution du milieu est ici liée plus que partout ailleurs à un aménagement rural.

De part et d'autre du Bassin de Kathmandu, les paysages du Moyen Pays appartiennent à un autre modèle écologique.

G 13 : Les bassins et couloirs fluviaux subtropicaux à forte emprise agricole. Ces cuvettes très déprimées - 550 à 1.000 m -, isolées et relativement à l'abri de la mousson - 1.000 à 1.300 mm/an - sont actuellement intensément exploitées. La forêt subtropicale à Castanopsis et à Shorea Robusta dans ses parties les plus basses, n'est plus représentée que par de maigres lambeaux au milieu des champs ouverts. On retrouve le même étagement de géofaciès que dans le bassin de Kathmandu mais avec des traces d'érosion plus fréquentes, en particulier sur les talus qui séparent les terrasses.

G 14 : Les versants longs à replats étagés se situent sur les revers de compartiments tectoniques basculés et recouverts d'épaisses altérations en cours de formation. Entre 800 et 1.800 m, on note tout un système de géofaciès étagés et génétiquement liés les uns aux autres au sein d'une « catena » dominée par l'économie de l'eau du versant et par le glissement des blocs et des manteaux d'altération. En effet, malgré l'importance et le soin des aménagements (banquettes, petite hydraulique, haies) la circulation de l'eau dans et sur le versant n'est jamais entièrement contrôlée et quelques arrachements écorchent ces pentes fragiles. On peut cependant s'étonner parfois qu'ils ne soient pas plus nombreux, notamment le long des terrassettes à fort commandement.

G 15 : Les fronts de blocs raides et instables. Ils dérivent plus ou moins directement d'un escarpement de faille et d'un débitage frontal à partir de macrodiaclasses. La couverture végétale n'a jamais dû être très dense ni très stable. La mise en valeur humaine, poussée à l'extrême des potentialités et des équilibres écologiques, a contribué à réactiver ces processus

latents que sont l'éboulement, le glissement et l'arrachement qui se combinent au sein d'un système d'érosion dominé par l'irrégularité de la circulation de l'eau et de l'imprégnation du manteau d'altération. Même les versants « équipés » en terrassettes de culture sont emportés. Dans les arrachements où l'eau hypodermique est en excès, se développent des peuplements d'aulnes. L'installation de routes aggrave le déséquilibre d'ensemble et impose un entretien permanent.

Du point de vue de la dynamique, le Moyen Pays se caractérise donc par l'instabilité générale des pentes. D'origine climacique (épais manteaux d'altération en formation ou éboulements sur des pentes fortes qui appartiennent à des blocs tectoniquement actifs, ruissellement de mousson), elle est accélérée par la destruction de la forêt subtropicale, mais partiellement jugulée par l'aménagement des versants en terrassettes et par les petits aménagements hydrauliques qui assurent une meilleure évacuation des eaux hypodermiques quand le versant est entièrement « équipé ». Le reboisement, à peine esquissé sur de petites parcelles et difficilement extensible par suite de la pression démographique, ne paraît pas susceptible de modifier le déséquilibre en profondeur du versant.

LE MAHABHARAT

Cette barrière très continue forme un arc ouvert à convexité tournée vers le Sud. C'est donc une montagne étroite - de 20 à 40 km - mais aux altitudes soutenues. Les crêtes faîtières, entre 2.000 et 3.000 m dominent des vallées longitudinales resserrées qui peuvent localement s'élargir en bassins allongés. Quelques gorges tranchent les chaînons.

Les séries géologiques sont ici vigoureusement redressées. A la relative monotonie lithologique du Moyen Pays succède les calcaires et les grès du Pulchauki, des schistes et des quartzites ainsi que les granites leucocrates à grains moyens de Daman. A grande échelle, la lithologie intervient dans le modelé, mais à moyenne échelle c'est la tectonique récente, voire actuelle qui explique la disposition des reliefs. Au Nord, le Mahabharat tombe sur le sillon déprimé qu'emprunte, à l'Ouest de Kathmandu, la Trisuli et la Kali Gandaki, tandis qu'au Sud un escalier de failles aux marches très étroites marque l'exhaussement actuel ou sub-actuel de la montagne : ainsi à Tumki, au nord de la Bagmati. Un champ de failles verticales à l'affleurement et probablement encore actives, constitue la limite entre le Mahabharat et les collines dissymétriques des Churia.

La structure qui commande la disposition d'ensemble du relief permet de distinguer le Mahabharat du Moyen Pays. Les modelés, par leurs agencements, sont différents. Sur les pentes raides, les altérations qui beurrent les versants du Moyen Pays ont été ici nettoyées, sauf dans les bassins où on les retrouve tapissant le bas des pentes, la surface des glacis et les hautes terrasses ou, localement, sur les flancs granitiques. Même dans les secteurs culminants on n'observe pas de traces importantes d'action nivale. Le modelé est torrentiel, avec, dans les secteurs les plus triturés par la tectonique et sur les pentes raides, de grands arrachements comme au-dessus des gorges de la Bagmati. Tout indique la surrection de la

montagne et l'instabilité des pentes sur une chaîne où l'effet de façade de mousson joue à plein sur les versants sud (de 2.500 à 4.000 mm par an).

Ces versants instables et fragiles sont recouverts jusqu'à 2.200-2.300 m par des forêts subtropicales claires et sèches comme la pinède à *Pinus roxburghii*. Au-dessus de 2.300-2.400 m prend place une chênaie sempervirente « tempérée » à sous-bois de rhododendrons. Mais depuis quelques décennies, le Mahabharat jusqu'alors isolé et forestier est soumis à des vagues successives de défrichement qui s'exercent sur les pentes raides et accentuent par là la torrentialité et les érosions de toutes sortes. Du fait de cette intervention humaine non contrôlée - à la différence du Moyen Pays -, c'est la géomorphologie qui domine l'évolution de larges secteurs du Mahabharat.

Les principaux géosystèmes sont les suivants :

G 10 : Les hautes crêtes forestières. Elles se caractérisent par un modelé en « nid d'abeilles », de dorsales et de cuvettes de taille hectométrique élaborées dans le granite, exceptionnellement dans les calcaires (dolines du Pulchauki). L'ensemble est recouvert par des chênaies « tempérées » à *Quercus semecarpifolia* sur les ombrées nébuleuses et à *Q. semecarpifolia* ou *Q. lanata* dans les milieux moins humides. Largement pâturée et dégradée, la forêt est très souvent relayée par des rhodoraies ou des landes à houx et Lauracées. L'ouverture du tapis forestier s'accompagne d'arrachements localisés de taille métique ou hectométrique.

G 16 : Les « serres » à torrentialité active. Il y a une rupture dans le paysage lorsque l'on descend dans les gorges et les interfluves de la partie moyenne du Mahabharat entre 1.200 et 2.200 m. Les vallées logées dans des zones de broyage plus ou moins parallèles, découpent les gneiss, les granites et les quartzites en minces interfluves. La forêt claire et nettement xérophile, à la fois protège mal le sol contre l'érosion mais est aussi très menacée par les incendies (pinède à *Pinus roxburghii* en association avec une pelouse sèche). La torrentialité est ici d'une extrême violence. Malgré des profils longitudinaux tendus, les lits des torrents sont encombrés de cônes de déjection en pleine activité et d'un amoncellement de blocs déplacés lors des crues de mousson. Les défrichements agricoles récents facilitent parfois des évolutions catastrophiques, des pans entiers de champs étant arrachés du versant.

G 16 bis : Les bassins intramontagneux (1.600-2.500 m). Ce sont des cuvettes tectoniques (angle de bloc), généralement évidées et modelées dans des granites (Daman) ou des grès quartzitiques fortement broyés et altérés. Du point de vue écologique il faut à la fois souligner l'abri relatif derrière les hautes crêtes forestières et l'alimentation en eau des versants à partir des cuvettes sommitales. Les paysages s'organisent en hémicycle en fonction du modelé des versants, de l'alimentation en eau et aussi du gradient bioclimatique du bassin :

- dans la partie haute, entre 2.300 et 2.500 m, faisant transition avec G 16 on a une auréole de modelés en demi-orange sculptés dans un granite totalement altéré mais à « ténacité » élevée (Daman). Les pentes sont

protégées par des pinèdes à *P. excelsa*, mais dès que la forêt est détruite les versants sont balafrés par des arrachements ;

- dans la partie moyenne s'étalent des glacis d'ablation entièrement cultivés. Ils sont séparés par de petits vallons en gouge où s'accumulent des chaos de boules de granite et des « rivières de rochers » ;

- le centre du bassin est occupé par des terrasses emboîtées à sols légèrement rubéfiés vers 1.800 m.

LES SIWALIKS

Les Siwaliks ou Churia Hills sont un exemple classique encore que mal connu, des collines de piémont faisant la transition entre l'Himalaya et la plaine du Gange. Ils sont formés, dans le secteur central du Népal, par trois ensembles morphostructuraux :

- des crêts dans des grès molassiques miocènes ; les couches pendent de 20 à 40° au Nord et présentent leur front au Sud ; ils s'abaissent de 1.300 à 700 m ;

- des bas plateaux qui sont souvent d'anciens glacis étagés, disséqués par des vallées qui s'élargissent progressivement et passent à des dépressions longitudinales tectoniques, les « duns » ;

- la bordure méridionale est constituée de compartiments kilométriques, hâchés de failles, de 200 à 300 m de commandement et basculés en pupitres. Le matériel se compose de cailloutis mal cimentés et de dépôts lacustres.

Le climat et la végétation y sont franchement subtropicaux. Les précipitations, presque uniquement déterminées par les mécanismes orographiques de la mousson sont concentrées sur 4 mois (1.500 à 2.000 mm). Les faciès forestiers, assez peu diversifiés, sont dominés par la présence de *Shorea robusta* et de *Terminali tomentosa*, piquetés dans les stations sèches de *Pinus roxburghii*. La croissance est relativement lente. Cependant la dynamique actuelle du paysage est dominée par le développement brutal et anarchique d'une frange pionnière agricole. En avril, on circule dans la cendre et la fumée et la nuit les versants forestiers s'illuminent des feux de défrichement. Partout la pression humaine augmente et de vastes étendues de forêts disparaissent.

Les geosystèmes sont étroitement calqués sur les unités morphostructurales.

G 17 : La vallée alluviale de la Bagmati se loge dans un fossé tectonique est-ouest entre le front méridional du Mahabharat et les hautes collines des Churia. Les paysages, très largement défrichés, s'organisent en fonction d'un système d'épaisses terrasses alluviales rubéfiées et d'un lit de mousson étendu qui s'élargit par sapements latéraux.

G 18 : Les collines forestières des Churia (1.100-1.400 m). Les grands crêts taillés dans les grès molassiques jouent le rôle d'un petit front montagnard en face du flux de mousson, mais à plus grande échelle intervient l'effet d'exposition d'adret. Il en résulte une forêt subtropicale en mosaïque. Sur les versants raides d'adret s'étend une forêt claire, dégradée par le

feu et le pâturage, à faible croissance. Les sous-bois sont décapés et parfois ravinés. La molasse gréseuse affleure directement et est superficiellement modelée en cheminées de fées de 10 à 40 cm. Dans les fonds de ravins se développe un géofaciès mieux équilibré : une forêt à *Shorea* de meilleure venue à lianes et épiphytes sur des manteaux sableux imprégnés d'eau.

G 19 : Les plateaux et bassins du centre des Siwaliks. Ce secteur déprimé, entre 300 et 900 m n'est déjà plus un milieu montagnard. Sur les interfluviaux caillouteux à sols ferrugineux domine la grande forêt subtropicale de mousson à *Shorea robusta* et *Terminalia tomentosa*. Les termitières font leur apparition. Les bassins alluviaux réentailés en glacis d'ablation sont en cours de défrichement. Les grands arbres « cravatés » et brûlés à leur base se dressent au milieu de parcelles hâtivement labourées par les derniers migrants.

G 20 : Les grandes vallées à lits de mousson. Ce geosystème, très proche de celui de la vallée de la Bagmati (G 17) ne prend son plein développement que dans le Terai où ces vallées caillouteuses ont jusqu'à 1 ou 2 km de large. Il comporte plusieurs géofaciès emboîtés :

- de hautes terrasses entièrement caillouteuses à sols rouges ; elles sont couvertes d'une forêt mésophile en cours de défrichement ;

- une plaine alluviale à ripisilve, pluristrate, avec des arbres pouvant dépasser 40 à 45 m, où s'accrochent lianes et épiphytes. La relative luxuriance de cette forêt riveraine, qui n'est pas cependant un type de forêt tropicale humide, est liée aux nappes phréatiques des alluvions et à « l'underflow » qui jouent un rôle de correctif écologique pendant les sept à huit mois de saison sèche. Cette forêt constitue la seconde grande biomasse du Népal central, après la sapinière d'altitude ;

- les lits de mousson, sans aucune végétation, sont d'une extrême instabilité. Ils sont constitués de chenaux anastomosés qui balayent les plaines d'épandages de 1 à 2 km de large. Les crues remanient par sapements et défluviations les lits plus anciens dans lesquels la végétation arborée ne parvient pas à se développer.

G 21 : Les « Duns ». Ce sont des bassins subsidents Oues-Est qui se greffent sur les grands axes hydrographiques. Bourrés de dépôts tendres et récents du Quaternaire, certains sont totalement défrichés, depuis la disparition de la malaria et voient naître une nouvelle société rurale due au brassage des migrants (Hittaura) ; d'autres sont encore plus ou moins protégés du défrichement et c'est dans les secteurs bas et marécageux couverts de formations herbacées de type savane que subsistent les derniers rhinocéros.

G 22 : Les collines méridionales. Ces compartiments mollassiques de taille kilométrique, disposés en touches de piano, souvent basculés vers le Nord, sont colonisés par la forêt claire et xérophile à *Pinus roxburghii*. Le sous-bois est fréquemment balayé, sur des pentes de quelques degrés par de minces pellicules caillouteuses, mobiles lors du ruissellement de la mousson. Ces collines dominent directement le Terai qui comprend les grands cônes de déjections très étalés des rivières qui descendent de l'Hima-

laya et les glacis torrentiels issus des Churia Hills. Les rivières coulent lors des pluies de mousson sur de vastes lits à chenaux anastomosés avant de décrire des méandres en se raccordant latéralement à la plaine du Gange.

Cette tentative pour confronter les informations issues de la géomorphologie, de l'écologie, de la géographie humaine a pour but d'assurer les premières bases d'une étude intégrée des paysages népalais, de leur structure spatiale et de leur dynamique actuelle. En fait cette esquisse constitue, à la suite des travaux de J.F. Dobremez (1), le point de départ d'une démarche plus complexe dont on peut retenir déjà plusieurs aspects :

- élaborer une étude monographique des paysages népalais en insistant sur les problèmes de taxonomie et de chorologie internes. C'est, à l'état d'ébauche, le contenu de ce premier travail ;

- dépasser le cas particulier de la monographie népalaise pour en dégager un schéma ou modèle d'organisation spatiale en jouant sur la hiérarchie des éléments écologiques, en particulier en fonction de l'échelle temporo-spatiale (ce qui commence à apparaître dans le graphique n° 3) ;

- réduire le cas particulier du modèle écologique népalais pour en dégager les traits communs à tous les espaces montagnards (effet de gradient bioclimatique, de façade, d'exposition, de dominance et d'étagement etc.) ;

- comparer les modèles écologiques entre eux (Himalaya, Andes, Alpes, Pyrénées) pour mieux comprendre le fonctionnement écologique de l'espace montagnard et son aménagement par l'homme.

Il ne s'agit pas de phases présentées dans un ordre chronologique mais de cheminements concomittants, et interdépendants au sein d'un même système méthodologique qui relève de la « science du paysage ».

DISCUSSION

M. JOLY : Vous avez parlé de glacis, et même de glacis emboîtés. Ces glacis vous paraissent-ils en liaison avec le caractère « subtropical » du climat ? ou avec le dispositif structural ? Et s'il s'agit de variations climatiques provoquant l'emboîtement, auxquelles rattachez-vous la genèse des glacis ?

M. Dollfus : Les deux : on note, en particulier dans le Moyen Pays, de très nombreuses formes de glacis, mais d'extension limitée. Les glacis sont développés dans les secteurs en « creux », tectoniquement déprimés, où la fissuration des volumes rocheux est marquée et où se concentrent les eaux des versants voisins ; d'où désagrégation et altération mises à profit par le ruissellement aréolaire pour modeler les glacis qui ne font que retoucher des formes de pente favorables à leur élaboration. Les pluies torrentielles de mousson sont favorables au ruissellement aréolaire qui modèle les glacis.

M. DEMANGEOT : 1. Le fait que le manteau d'altération subsiste sur des pentes très fortes ne signifie-t-il pas que les argiles sont, ici, perméables ?
2. La sismicité joue-t-elle un grand rôle ?

M. Dollfus : 1. L'étude des argiles des versants népalais reste à faire. Cependant on doit constater la « ténacité » des altérites sculptées en terrassettes de culture sur les pentes. Et sur les versants raides du front montagnard de mousson de Daman les arènes de décomposition granitique tiennent bien sur les pentes, et ceci est à mettre en relation avec leur perméabilité.

2. La sismicité a joué un grand rôle : ainsi peuvent s'expliquer le très grand nombre de formes de glissements, d'éboulements et autres mouvements de masse décrits précédemment. Cependant, pour l'instant la sismicité me paraît moindre que dans de nombreux secteurs andins. Les tremblements de terre existent ; leurs effets dévastateurs sont infiniment plus redoutables en saison de mousson qu'en saison sèche, au pied des grands sommets.

M. ROUGERIE : Les sols rubéfiés du Moyen Pays recouvrent quels types de roches ? Quels sont leurs rapports avec le milieu actuel et la végétation ? Dans un milieu que vous avez défini subtropical, témoignent-ils d'une brunification actuelle d'anciens sols rouges, comme en régions méditerranéennes occidentales ?

M. Dollfus : Les sols rubéfiés, en dessous de 1.400-1.500 m recouvrent assez également les différentes roches ; on les trouve cependant à des altitudes plus élevées, notamment sur les schistes.

La rubéfaction se poursuit actuellement. Les conditions climatiques sont favorables : chaleur et pluies d'été, bonne insolation et effets de surchauffe dans les bassins. Les conditions climatiques sont bien différentes de celles du domaine méditerranéen. Ici les pluies coïncident avec la saison chaude, à l'inverse du domaine méditerranéen.

M. MONBEIG : Vous avez signalé souvent, et à propos des différents secteurs envisagés, l'importance des défrichements. Y a-t-il croissance démographique ? Quelle est son importance ? et ses rapports avec les niveaux de développement ou de sous-développement ?

M. Dollfus : 1. Les défrichements les plus importants, là où il reste des forêts à défricher, c'est-à-dire, essentiellement dans le Mahabharat, les Churia et le Terai, et dans une moindre mesure dans quelques secteurs du Haut Pays sont à mettre en rapport avec la croissance démographique enregistrée par le Népal depuis trois ou quatre décennies, marquée surtout dans le Moyen Pays où la surcharge démographique est dès à présent considérable. Les « Népalais » mangent vite les forêts qui leur restent, avec un grand gaspillage du bois.

2. Développement et sous-développement au Népal. Ceci conduirait à de longues explications.

M. DEMANGEOT : Je suis heureux de voir réhabiliter de façon aussi brillante la notion globale de « paysage », telle qu'elle a été définie autrefois par les grands classiques de la géographie, et qu'une démarche trop analytique tend, parfois, à faire oublier ; le milieu naturel est *un*, et le premier devoir du géographe est de le définir et de le rendre évident. Il ne faut pas oublier, sous le fallacieux prétexte que l'analyse et la synthèse sont des principes cartésiens, que le *principe d'évidence* est aussi une proposition de Descartes...

M. DRESCH : Je remarque que malgré la « jeunesse » des formes, des formes évoluées sont régionalement conservées, le réseau hydrographique est partiellement inadapté.

Peut-on distinguer dans la chaîne la part de l'influence de soulèvements récents et des changements de climat quaternaires pour expliquer entre autres, les formes glaciaires ?

M. Dollfus : On note, à la fois, l'influence du soulèvement récent et les conséquences des changements du climat quaternaire. Le soulèvement récent - et très probablement actuel - se lit dans le Mahabharat et dans le Haut Pays qui sert de soubassement à la grande chaîne. Les changements climatiques se voient dans les accumulations alluviales et torrentielles des grandes vallées. Les traces d'anciennes glaciations s'observent là où des conditions ont été favorables à la conservation des dépôts corrélatifs. C'est en particulier le cas dans le Thakkola, entre les massifs du Dhaulagiri et des Annapurna, où les encroûtements calcaires ont permis la conservation de moraines tapissant la vallée jusqu'à 2.300 m. On note également des formations glaciaires - mais au matériel encore frais - à des altitudes semblables dans la vallée de la Dudh Kosi, immédiatement en contrebas de sommets culminant entre 6.500 et 7.500 m. Au-dessus, toute une succession de formes de retrait s'observe jusqu'à la limite actuelle des glaciers. L'étude des glaciations quaternaires sera entreprise dans le rapport de mission du printemps 1973.